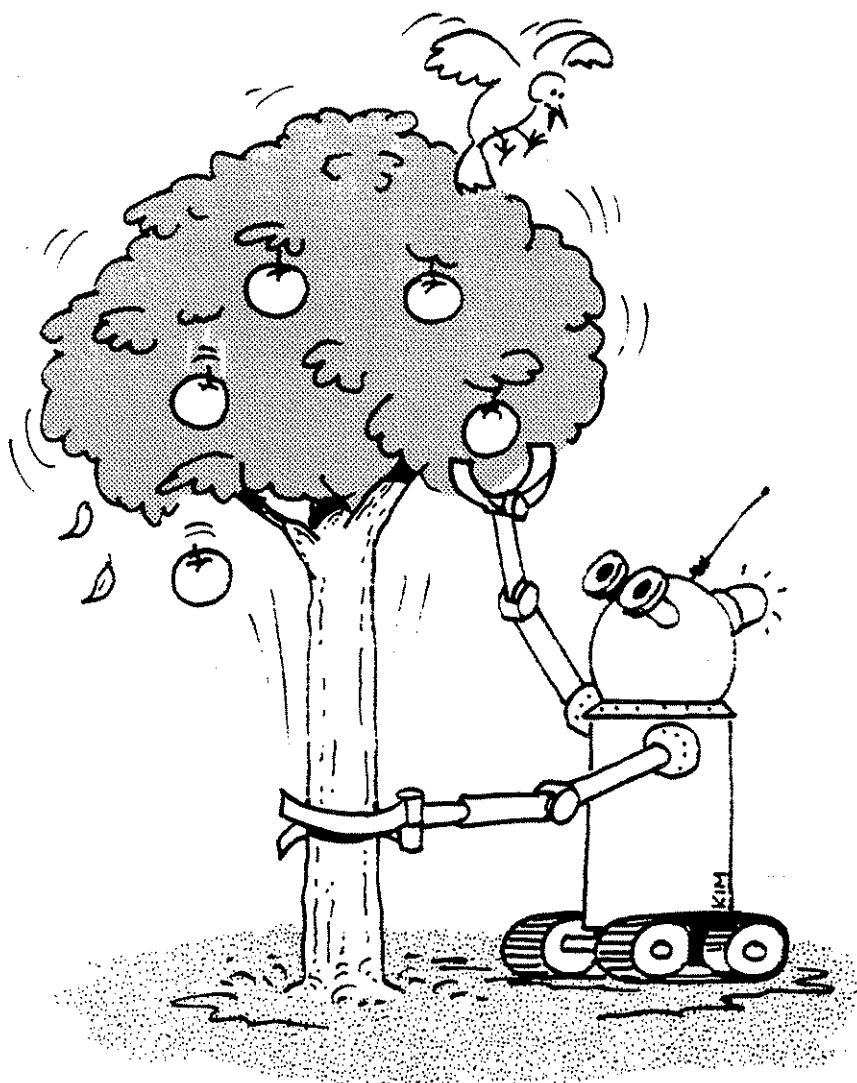


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

MASKINELL SKÖRD AV ÄPPLEN

Sven Olander



Institutionen för lantbruksteknik

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 151
Report
Uppsala 1991**

ISSN 0283-0086

ISRN SLU-LT-R-151-SE

DOKUMENTDATABLAD för rapportering till SLU:s lantbruksdatabas LANTDOK, Svensk lantbruksbibliografi och AGRIS (FAO:s lantbruksdatabas)

Institution/motsvarande Lantbruksteknik		Dokumenttyp Rapport	
		Utgivningsår 1991	Målgrupp
Författare/upphov Sven Olander			
Dokumentets titel Maskinell skörd av äpplen			
Ämnesord (svenska och/eller engelska) Maskinell skörd, äpplen, trädfukt Mechanical harvest, apples, tree fruit			
Projektnamn (endast SLU-projekt)			
Serie-/tidskriftstitel och volym/nr Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik Rapportserien, Rapport 151			ISBN SLU-LT-R--151--SE ISSN 0283-0086
Språk Svenska	Smf-språk Svenska + engelska	Omfång 89 s.	Antal ref. 142

Postadress
SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET
Uttunabiblioteket
Förvärvssektionen/LANTDOK
Box 7071
S-750 07 UPPSALA
Sweden

Besöksadress
Centrala Utluna 22
Uppsala

Telefonnummer
018-67 10 00 vx
018-67 10 98
018-67 10 97

Telefax
018-301006

Sammanfattning

Maskinell skörd av äpplen kan delas in i direkta och indirekta metoder. De direkta skördar genom att gripa vid frukten. Robotskörd är ett exempel på direkta skördemetoder. De indirekta metoderna skördar genom att påverka en annan del av trädet, vanligen stammen eller grenarna. Den vanligaste metoden är skakning av hela trädet.

Ett allvarligt problem vid maskinskörd är skadorna. Skador kan uppstå både på frukter och på trädet, t ex under barken. Fruktskadorna är mycket svåra att undvika vid indirekta skördemetoder. Ett stort antal försök har genomförts för att försöka minska skadorna på äpplen, men i praktiken förekommer i stort sett ingen maskinell skörd av äpplen för färskkonsumtion.

Summary

Mechanical harvest of apples can be divided into direct and indirect harvesting methods. The direct methods harvest fruit by contacting the fruit. Robotics is an example of direct harvesting methods. The indirect harvesting methods harvest by contacting some other part of the tree, usually the trunk or limbs. The most common method is shaking of the whole tree.

A serious problem with mechanical harvest is damages. Damage can occur both on the fruit and on the tree, damage under the bark can be serious on cherry trees. Damages on the fruit is very hard to avoid with indirect harvesting methods. A large amount of research has been put in to minimize the damage on apples, but in practise there is hardly no mechanical harvest of apples for fresh consume.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
2 ODLINGSSYSTEM FÖR MASKINELL SKÖRD	2
2.1 Meadow orchard	2
2.2 Häcksystem	4
2.3 Lincoln Canopy System	5
2.3.1 T-formade träd med grenar i flera nivåer	8
2.4 Tatura Trellis	10
3 MASKINELL SKÖRD AV FRUKT	12
3.1 Historik	12
3.2 Skörd av dessertfrukt	12
3.3 Selektiv skörd av mogen frukt	13
3.4 Kapacitet och effektivitet vid maskinskörd	14
3.4.1 Kapacitet	14
3.4.2 Effektivitet	15
3.5 Kontinuerlig skörd	15
3.5.1 Sekventiell skakning	16
3.5.2 Kontinuerlig skakning	16
3.5.3 Kontinuerlig skörd med andra metoder	16
3.6 Destruktiva skördemetoder	17
4 INDIREKTA SKÖRDEMETODER	18
4.1 Skakning	18
4.1.1 Frekvens och amplitud	19
4.2 Äldre skakmetoder	20
4.2.1 Manuella skakmetoder	20
4.2.2 Kabelskakare	20
4.2.3 Bomskakare	20
4.3 Olika metoder att generera skakning	21
4.3.1 Obalans-skakare	21
4.3.1.1 Metoder att minska effektbehovet	23
4.3.2 Hydrauliska skakare	23
4.3.3 Pneumatiska skakare	24
4.3.4 Impulsskakning	24
4.3.5 Skakning med pulserande luft	27
4.4 Olika överföringsmetoder vid skakning	29
4.4.1 Skakning av stammen	30
4.4.1.1 Stamskakning utan att greppa om stammen	30
4.4.2 Skakning av grenar	33
4.4.3 Skakning av grenverket	33
4.4.4 Skakning av uppbindningstråd	36
4.4.5 Olika metoder att fästa skakorganet vid trädet	36
4.5 Andra indirekta skördemetoder	39
5 DIREKTA SKÖRDEMETODER	40
5.1 Skörd genom repning	40
5.1.1 NIAE:s hamster	40
5.1.2 Skörd med flexibla krokar	41
5.2 Skörd genom att pressa loss frukt	41
5.3 Skörd genom att rotera frukt	42

5.4 Skörd med skruvformade plockorgan.	43
5.5 Robotplockning	44
5.5.1 Detektionssystem för robotskörd.	45
5.5.1.1 Tvådimensionella detektionssystem.	45
5.5.1.2 Tredimensionella detektionssystem.	46
5.5.2 Plockningsarmar.	46
5.5.3 Kapacitet och effektivitet.	47
5.6 Andra direktskördemetoder.	48
5.6.1 Skörd genom att fylla trädet med plastkulor.	49
6 UPPFÅNGNING	50
6.1 Olika uppfångningsmaterial.	50
6.1.1 Uppbromsningsutrustning	51
6.2 Olika utformning på uppfångningssystemet.	54
6.2.1 Aktiv och passiv uppfångning.	54
6.2.2 Uppfångning på flera nivåer	55
6.2.3 Olika uppfångningstyper.	58
6.2.3.1 Tvådelad uppfångning	58
6.2.3.2 Omvänt paraply.	59
6.2.3.3 Utskjutbara segel.	60
6.2.3.4 Grenslemaskiner.	62
7 TRANSPORT OCH HANTERING	63
7.1 Transportörer	63
7.1.1 Transport i vatten	64
7.2 Lådfyllning	64
8 SKADOR VID MASKINELL SKÖRD	68
8.1 Skador på träd	68
8.1.1 Barkskador	68
8.1.2 Rotskador	70
8.2 Skador på frukt	70
8.2.1 Var uppstår skadorna?	70
8.2.2 Faktorer som påverkar skadorna	71
8.2.2.1 Skakmetod	71
8.2.2.2 Trädform	72
8.2.2.3 Fallhöjd	72
8.2.2.4 Fruktbärande zonens höjd	73
8.2.2.5 Mognadsgrad	73
8.2.2.6 Total avkastning	74
9 FÖRSÖK ATT DÄMPA SKADOR VID SKAKNING	75
9.1 Inskjutna stänger i trädet	76
9.2 Dämpande skummaterial på äpplen och grenar	76
9.3 Fylla trädet med dämpmaterial	78
9.4 Luftdämpning	79
10 DISKUSSION	80
11 REFERENSER	82

1 INLEDNING

Denna rapport är främst avsedd att vara en sammanställning av idéer och maskinteknik runt problemet maskinell skörd av äpplen, och det är min förhoppning att rapporten kan användas som idékälla för de som är intresserade av ämnet. Texten är medvetet kortfattad i många fall, och avsikten är att den som har ett större intresse av ämnet kan fördjupa sig med hjälp av de litteraturhänvisningar som finns i texten.

Denna rapport är i huvudsak inriktad på maskinell skörd av äpplen, men många delar av texten är hämtad från skörd av andra typer av frukter och nötter. Stora likheter finns vad gäller t.ex. skakning av träd mm.

Det finns idag ingen maskin på marknaden som kan skörda äpplen i färskvarukvalitet från befintliga trädtyper. Det är i nuvarande läge inte troligt att en odling kan baseras på skörd av äpplen som industriråvara av ekonomiska skäl. Därför har jag avstått från att beskriva kompletta maskiner, istället är hela rapporten inriktad på att beskriva olika metoder att lösa problem inom komplexet maskinell skörd av äpplen.

Jag har även valt att inte ta upp skördehjälpmedel, som t. ex. lyftanordningar för att lyfta plockaren upp i trädet och transportband av typ "Pluk-o-trac". Användning av dessa är inte att betrakta som maskinell skörd och den möjliga tidsvinsten är troligen för liten för att försvara investeringskostnaderna.

Rapporten är skriven så att den kräver att läsaren har viss inblick i området och har baskunskaper i fruktodling.

2 ODLINGSSYSTEM FÖR MASKINELL SKÖRD

Om man betraktar de ca trettio år varunder utveckling av skördemaskiner för äpple har pågått, kan man i de flesta fall konstatera att man har kommit fram till att odlingssystemet är den viktigaste faktorn. I allmänhet har utvecklingsarbetet utgått från det odlingssystem som är dominerande i regionen. I t.ex. USA planterar man fortfarande ofta stora träd med stora avstånd. Vid skördeförsök i dessa träd har man i många fall konstaterat att det går bra att skörda, men stötskadorna blir för stora. En vanlig slutsats är att ett annat odlingssystem med mindre träd skulle minska problemen.

Odlingssystem med stora träd ger för stora skador på frukten men de går snabbt och relativt lätt att skörda. Moderna tätodlingssystem, t.ex. holländska "spindelträd" är komplicerade att skörda och uppfångningen av frukterna kompliceras av lågt hängande grenar. Det verkar inte troligt att något av de odlingssystem som har utvecklats för handplockning kommer att bli framgångsrikt vid maskinskörd. Troligen kan endast en samtidig utveckling av skördemaskiner och odlingssystem som underlättar skörden nå verklig framgång. I detta kapitel skall några av de odlingssystem beskrivas som har provats med tanke på maskinell skörd.

2.1 Meadow orchard



Bild 1. Meadow orchard (Cargill & Kirk, 1983).

Ett av de första odlingssystemen som har utvecklats för maskinell skörd är det s.k. "meadow orchard". Fritt översatt betyder det ungefär "ängsodling" av frukt. Namnet kommer av att träden skulle planteras så tätt att det påminner om en böljande äng.

Odlingssystemet baserades på att fruktträd skulle planteras mycket tätt. Planteringsstätheter på över 120 000 träd per ha har nämnts (Hudson, 1971).

Luckwill & Child (1973) beskriver Meadow orchard som det yttersta av intensiva odlingssystem. Mellan 30 000 och 100 000 träd per ha skall planteras. Träden skall lockas att inducera fruktbärande knoppar under det första året med hjälp av kemiska tillväxtregulatorer. Under det andra året bär de frukt och vid skörden klipps de ner för att åter ge skörd efter två år. Redan från början var det tänkt att skörden skulle ske med en skördemaskin som klipper av trädet. En närmare beskrivning av skördetekniken finns i kapitel 3.6. Det skall endast utvecklas ett skott på varje träd, och detta försökte man uppnå med hjälp av riktad kemisk bekämpning. Vid försök vid Long Ashton Research Station i England uppnådde man en avkastning på nära 100 ton/ha i sorten Golden Delicious (Luckwill, 1976).

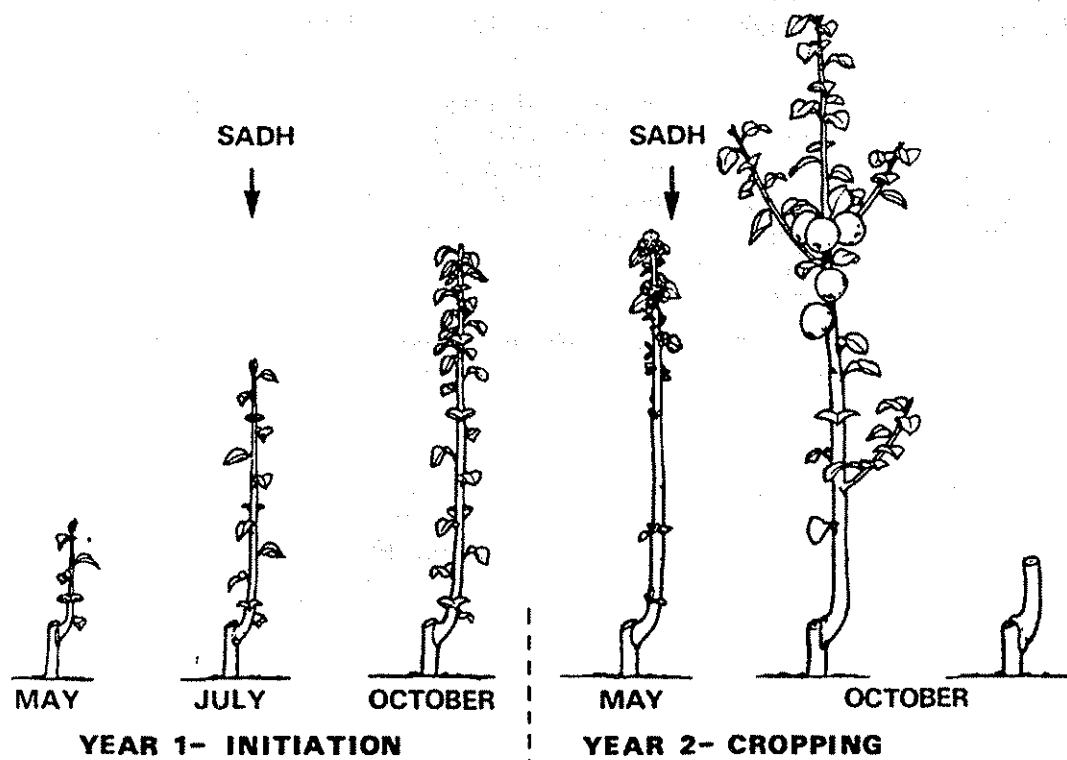


Bild 2. Utvecklingscykler hos äppelträd i Meadow orchard. År 1 växer trädet upp med endast ett skott. Andra året bär det frukt och klipps ner vid skörden, för att nästa år växa upp med ett nytt skott (Luckwill, 1976).

Nackdelarna med systemet är (1) etableringskostnaden är hög, (2) man får vartannatårsproduktion, (3) kemiska regulatorer är nödvändiga för att få blom-inducering det första året (Diener & Fridley, 1983).

Behovet av tillväxtregulatorer bör vara betydligt mindre om s. k. pelarträd, dvs träd som endast ger en "stam" och bär frukt inne vid stammen, kan användas i odlingssystemet. Dock kvarstår nackdelen med den höga etableringskostnaden. Meadow orchard har aldrig nått någon kommersiell framgång i äppelodling p g a nackdelarna ovan.

En viss framgång har man däremot fått vid odling av persikor i Israel med detta odlingssystem. Fördelarna med att använda persikoträd är: (1) en billig etablering kan nås med vedartade sticklingar, (2) skörd varje år är möjlig i tidiga sorter och (3) persikor har förmåga att ge skörd på årsskotten (Diener & Fridley, 1983).

Erez (1976) rapporterade om försök där 19 000 träd per ha hade planterats. Träden klipptes ner efter skörd, och efter tre säsonger var avkastningen i nivå med äldre odlingar i full produktion.

2.2 Häcksystem

En del häckodlingssystem har givits fantasifulla namn som "tree-walls" (träd-murar) eller "apple-curtain" (äppel-ridå). Häckodlingssystem är vanliga även vid handplockning och syftet är kanske i första hand att rationalisera skötseln av odlingen. I några fall har häcksystem utformats för att förenkla maskinell skörd.

I Ungern arbetade Gyuro et al (1981) med ett odlingssystem som de kallade "apple-curtain". Träden tilläts att bli maximalt 3,20 m höga och 1,20 m breda. Träden hade ett eller två lager med horisontella grenar på 180 cm höjd eller 140 och 220 cm. De fruktbärande grenarna hängde vertikalt från dessa grenar. Man nådde samma avkastning i detta odlingssystem som i motsvarande häckodlingssystem men kvalitén var bättre. För detta odlingssystem arbetade man med en skörde-maskin som skulle kunna skörda 25-30 ton per timme .

Flera amerikanska forskare har föreslagit häcksystem som ett sätt att effektivisera maskinskörd, ofta i kombination med kontinuerliga skördemaskiner. Berlage och Yost (1968) föreslog att häckar 1,5 till 1,8 meter breda och med 2,4 till 3 meter breda körvägar skulle vara lämpligt.

I England utvecklades ett häckodlingssystem på Long Ashton Research Station. Man provade träдавstånd på 30, 60 och 90 cm. Grundstam var MM106. Målet var att forma en "fruit-wall" med alla frukter nära stammen. Häckens höjd var 2 m och bredden ca 1,5 m. Häcken formades med hjälp av tillväxtregulatorer och häcksax. Odlingen var avsedd att skördas med en repande skördemaskin, den s.k. Hamstern (se kap 5.1.1).

2.3 Lincoln Canopy System

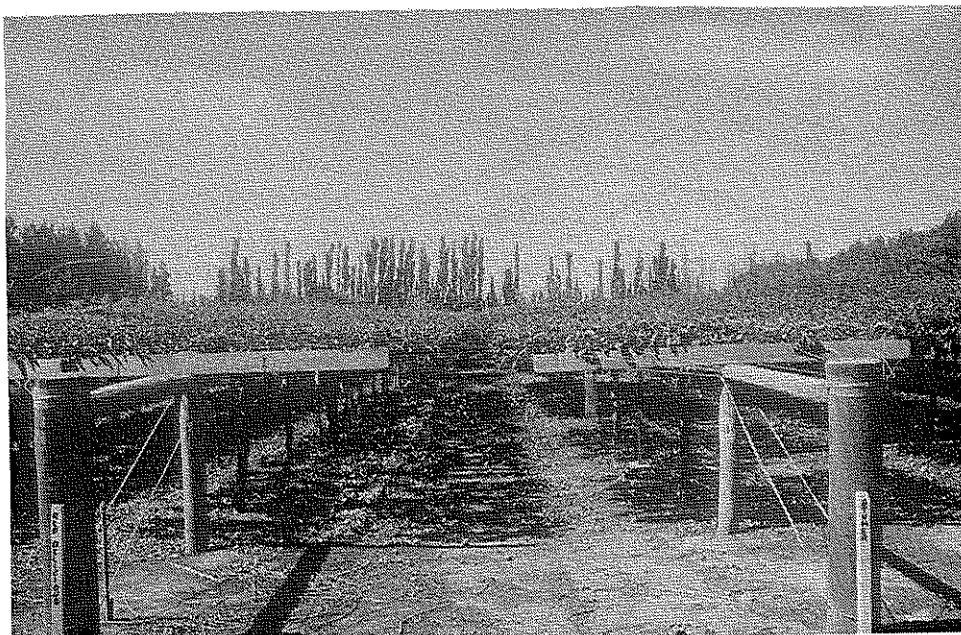


Bild 3. Lincoln Canopy System på Nya Zeeland.

Lincoln Canopy System har utvecklats vid Lincoln College på Nya Zeeland. Den drivande kraften bakom utvecklingen har varit John Dunn. Systemet har från början varit tänkt som ett odlingssystem för maskinell skörd, men arbetet har med tiden mer och mer blivit inriktat på odling för handplockning.

Lincoln Canopy System innebär att alla fruktbärande grenar odlas i ett horisontellt plan. Detta plan placeras på 1,6 meters höjd eftersom man måste kunna arbeta både från ovansidan och undersidan. De flesta äpplen hänger under grenverket och plockas underifrån, men beskärning måste utföras från ovansidan.

Äppelträd planteras med 2,4 meters mellanrum och klipps av på en meters höjd. Fyra grenar tillåts utvecklas från stammen och dessa binds ner horisontellt i "H"-form (se bild 4). Från dessa huvudgrenar utvecklas sidogrenar som binds ner vinkelrätt mot raden. Ett lämpligt avstånd mellan sidogrenar är 25-30 cm (anonym, 1988). När grenverket är fullt utvecklat har man ett smalt, horisontellt och ca 3 meter brett träd. Med ett radavstånd av 4,25 m får man ca 1000 träd per ha. I Nya Zeeland har man mätt avkastningar på över 130 ton per ha på Lincoln Canopy (Dunn & Stolp, 1987). Man skall dock notera att man allmänt menar att man inte får högre avkastning i Lincoln Canopy på Nya Zeeland, utan hög avkastning uppnås där även i "vanliga" odlingssystem.

För att kunna forma trädet, och för att det skall kunna bära en skörd av ca 100 kg per träd krävs en kraftig uppbindningsställning (bild 5). Man har också givit ut noggranna anvisningar om hur en sådan ställning skall konstrueras (Anonym, 1987).

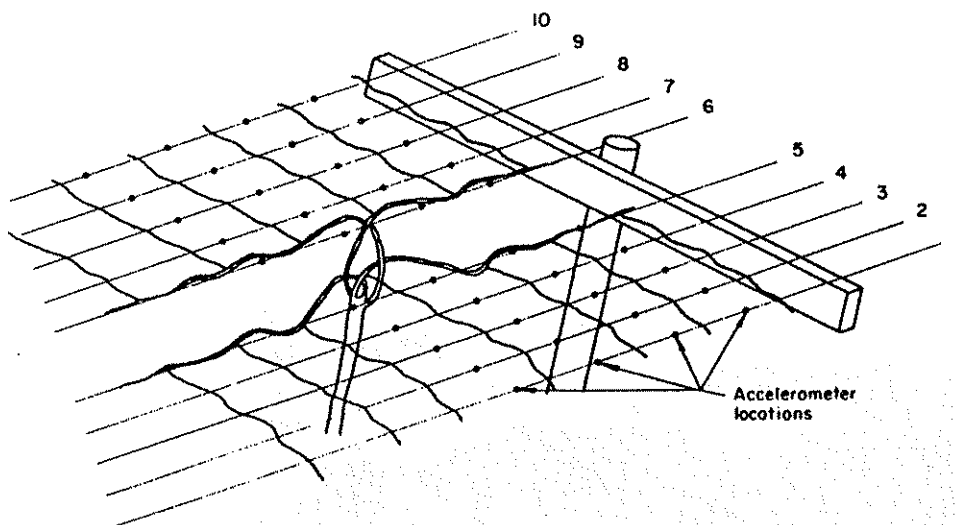


Bild 4. Fyra huvudgrenar binds upp parallellt med trådarna och sidogrenar binds ner i rät vinkel mot dem (Domigan et al, 1988).

Lincoln Canopy System innebär både för- och nackdelar. Fördelarna är bl.a. att man kan nå en jämnare (och eventuellt högre) fruktkvalitet. Systemet kan mekaniseras i viss utsträckning, t.ex. kan beskärning utföras maskinellt. Maskinell skörd har provats med viss framgång och har goda chanser att fungera bra. I t.ex. Nya Zeeland och Australien, där fortfarande en stor del av äpplena plockas från stege, kan ett odlingssystem där äpplena kan plockas från marken attrahera plockare.

Nackdelarna är främst att det kräver större investeringar och mer arbete att etablera Lincoln Canopy än andra, fristående system. Jämfört med andra moderna, lågväxande, tätodlingssystem förlorar man 1-2 år i etableringen genom att trädet måste utveckla ett fullständigt grenverk innan det kan börja producera frukt. Plockningen är också obekvämare än att plocka från t.ex. holländska spin-delträd. Eftersom äpplena hänger under ett tätt grenverk kan det vara svårt att få bra färgning av röda äppelsorter.

Lincoln Canopy har provats i de flesta kommersiellt odlade frukterna i Nya Zeeland, och har varit framgångsrikt i stenfrukter såväl som i kärnfrukter. Systemet används under kommersiella förhållanden i både Nya Zeeland, Australien och i USA.

För skörd i Lincoln Canopy har provats en rad olika idéer. Det första man provade var att för hand ta tag i uppbindningstrådarna och skaka (se kap 4.4.4). Senare provade man att slå underifrån mot grenverket (se kap 4.3.4). Detta fungerade bra tills grenarna blev för styva och dämpade skakningen. För att klara skörd i äldre träd arbetar man med att skaka stammen med en impulsskakare (se kap 4.3.4).

En annorlunda metod för skörd i Lincoln Canopy har tagits fram i USA. Man trycker loss frukterna genom att pressa aluminiumstavar genom grenverket (se kap 5.2).

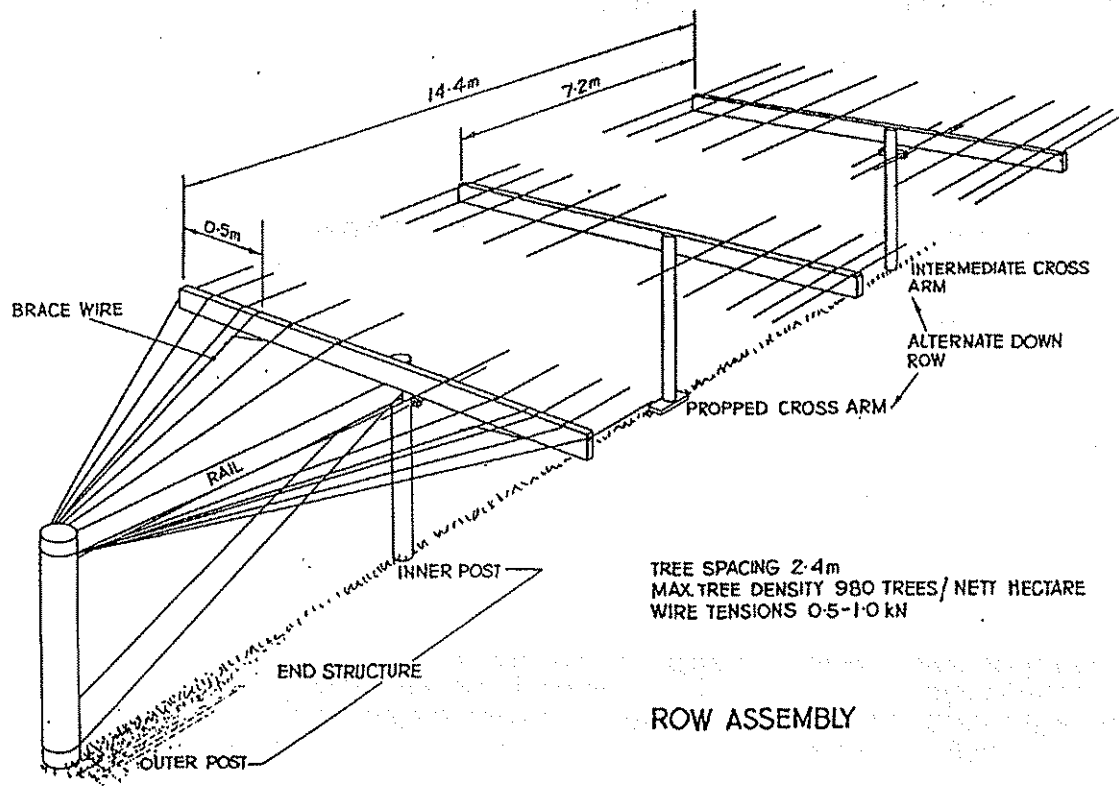
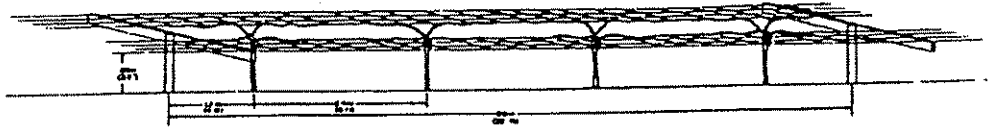


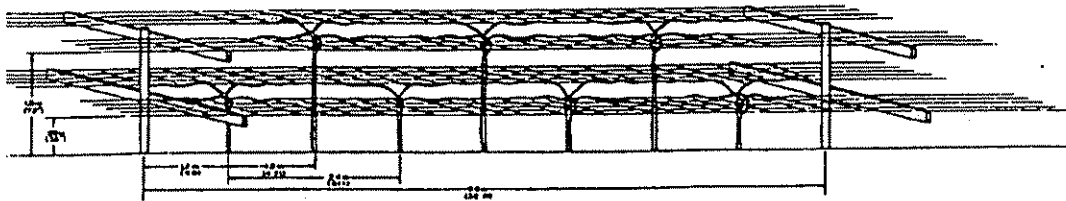
Bild 5. Uppbindningsställning för Lincoln Canopy System (Anonym, 1987).

2.3.1 T-formade träd med grenar i flera nivåer

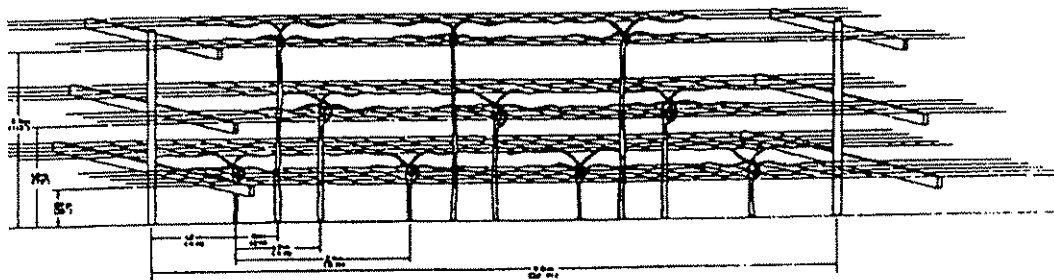
En variant på Lincoln Canopy System är att ha grenarna uppbundna horisontellt i flera lager. Detta har bl.a. provats i USA av Domigan et al (1985). Bild 6 visar en skiss över odlingssystem med 1, 2 och 3 lager.



a. SINGLE "T" (LINCOLN CANOPY).



b. DOUBLE "T"



c. TRIPLE "T"

Bild 1. Odlingssystem med grenarna uppbundna till ett, två och tre horisontella lager (Domigan et al, 1985).

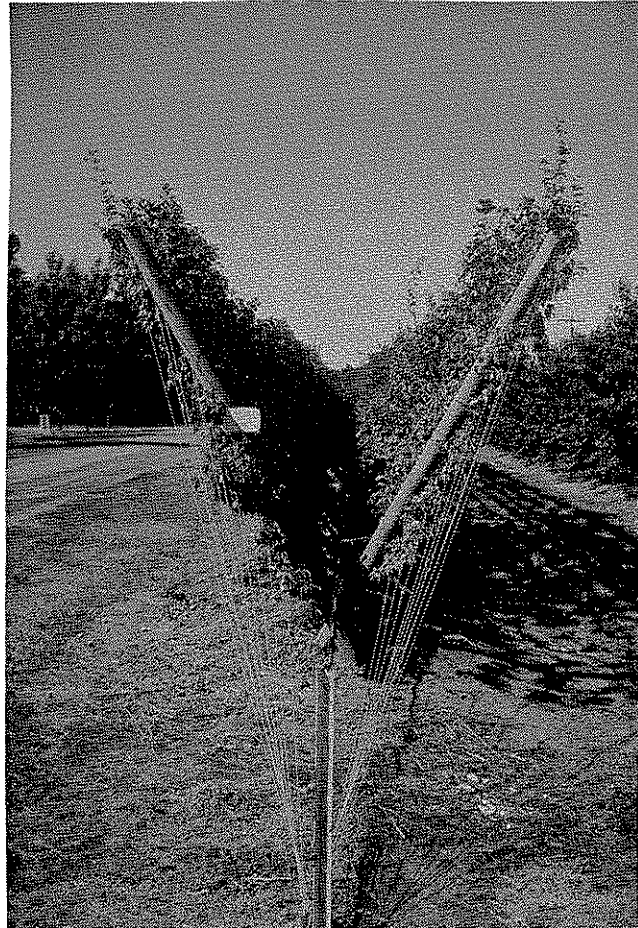
I Nya Zeeland marknadsförs ett system som kallas "Ebro-espalier" av en äppelodlare. Odlingssystemet är baserat på uppbindning i flera horisontella lager (se bild 7).



Bild 7. Ebro Espalier.

2.4 Tatura Trellis

Bild 8. Tatura Trellis.



Tatura Trellis är ett annat odlingssystem som har utvecklats med tanke på maskinell skörd. Systemet har sitt upphov vid "Institute for irrigation and salinity research" i Tatura i staten Victoria i Australien. Odlingsystemet har tillkommit efter en teoretisk studie av optimalt ljusutnyttjande (van den Ende, pers. medd., 1989). Man kom fram till att bästa resultat skulle man nå om grenarna växte i 60 graders lutning.

Träden planteras med en meters mellanrum och toppas på 40 cm höjd. Endast två grenar tillåts utvecklas och dessa binds upp i 60 graders lutning mot marken. Från dessa båda huvudgrenar utvecklas sidogrenar som binds in så att hela grenverket befinner sig i ett smalt band. Uppbindningsställningen består av kraftiga lutande stolpar och ståltrådar (se bild 8).

Fördelarna med systemet är bl.a. att det kan ge jämn och eventuellt högre frukt-kvalitet, det är attraktivt för plockare och att det kan ge hög avkastning kort tid efter plantering (främst beroende på hög planttäthet). Nackdelarna är bl.a. hög investeringskostnad och att det behövs tid för trädet att växa upp till önskad storlek innan det kan börja ge skörd. Maskinell skörd verkar vara möjlig även om utvecklingen har legat still några år.

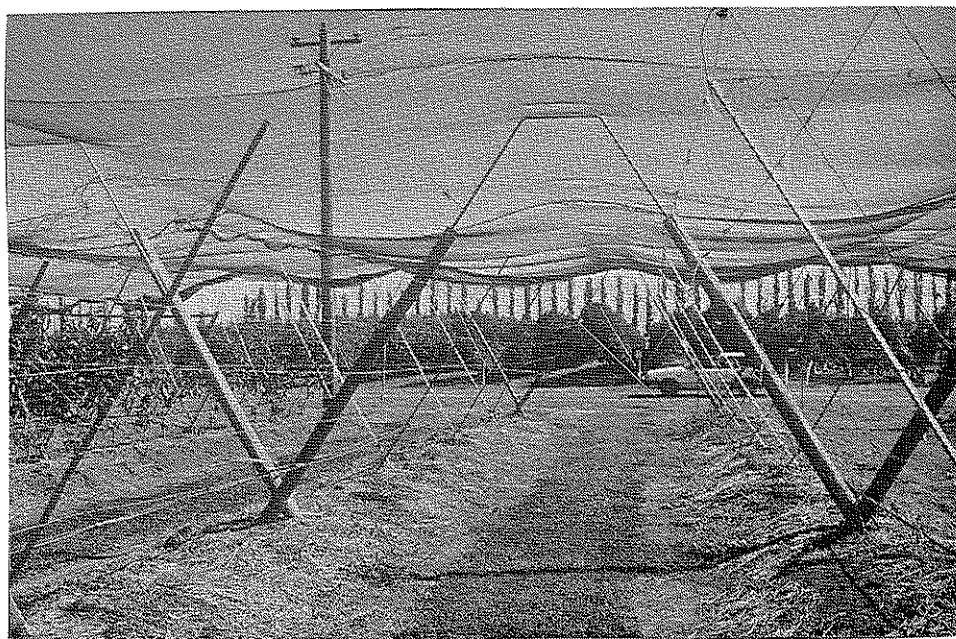


Bild 9. Uppbindningsställning för Tatura Trellis.

Tatura Trellis har fått viss spridning i Australien och ett argument hos odlare är att det är ett sätt att locka plockare om det blir brist på arbetskraft. Ett stort antal olika sorters frukter har provats, och störst framgång verkar det ha vid odling av stenfrukter som persikor och körsbär.

Försök med maskinell skörd i Tatura Trellis har genomförts genom att skaka huvudgrenarna med konventionella grenskakare och genom att skaka grenarna med en vibrerande skena (se kap 3.5.2). Senare provade man att skaka med impulsskakare som slog mot grenverket (se kap. 4.3.4).

3 MASKINELL SKÖRD AV FRUKT

De olika skördemetoder som har provats för maskinell fruktskörd kan delas in i direkta och indirekta skördemetoder. De direkta metoderna går ut på att frukten påverkas genom att man t.ex. drar eller repar loss den. Robotplockning är ett exempel på direkta skördemetoder. Med indirekta metoder menas att frukten skördas utan att man direkt påverkar frukten. Den vanligaste metoden är skörd genom skakning.

3.1 Historik

Maskinell skörd av frukt och nötter har i stort sett utvecklats efter andra världskriget. Dock har patent godkänts långt tidigare. En trädskakare har patenterats redan 1923 (Affeldt et al, 1987) och uppfångningsenheter redan 1931 (Larsen, 1969).

De äldsta uppgifter jag har kunnat hitta om praktisk skörd är att mandelskörden började mekaniseras 1938 (Adrian & Fridley, 1969a). Tidigare skördades mandel och nötter genom att man slog på grenarna med långa käppar. Nötterna samlades upp på presenningar på marken. Käpparna ersattes först med självgående maskiner som hade utrustning som slog på grenarna. Dessa har bytts mot grenskakare och slutligen stamskakare.

I Michigan började man arbeta med maskinell skörd av surkörsbär 1956 (Levin et al, 1969). Man provade att skaka med krokar, gummislangar och handhållna enheter. 1959 hade maskiner utvecklats och nio odlare i Michigan skördade merparten av sina bär maskinellt. Skördetekniken utvecklades snabbt och 1967 skördades mellan 40 och 50 % av surkörsbären maskinellt i östra USA (Larsen, 1969).

Att mandel och nötter började mekaniseras först är ganska naturligt eftersom de är stöttåliga. I allmänhet skakas de ner på marken och samlas ihop i en senare operation. Den enklaste skördetekniken är den som används i hasselnötter i USA. Man låter helt enkelt nötterna falla till marken när de är mogna och samlar ihop dem med pick-upmaskiner (Adrian & Fridley, 1969a).

Av frukterna är det troligen maskinskörd av surkörsbär för processning som har varit mest framgångsrik. Även här beror det på att surkörsbär tål ganska omild behandling. Priserna har åtminstone tidvis varit acceptabla och det finns ingen konkurrerande produktion i form av bortsortering från färskmarknaden. Rent tekniskt sett fungerar produktion av mustäpplen bra, och det finns på ett par ställen i Danmark äppelodlingar anlagda för maskinell skörd av industrifrukt, men värdet på frukten är lågt och den konkurrerar med fränsorteringen i packerierna.

3.2 Skörd av dessertfrukt

Eftersom det i de flesta länder är stor prisskillnad mellan äpplen avsedda för färskkonsumtion och äpplen för "processning" (t.ex. mustberedning), är det i de flesta fall nödvändigt att inrikta sig på att få de flesta äpplena av färskmarknads-kvalitet. I Sverige är stötskadade äpplen endast värda ca 1/5 av färskmarknads-priset. I vissa fall får odlaren inget alls för industrifrukten.

Det största problemet vid maskinell skörd är stötskadorna (se kapitel 8.2). Även om de flesta frukterna är oskadade, räcker det med ca 10 % stötskadade äpplen för

att göra skörden olönsam. Problemet är inte i första hand att tekniskt få loss äpplen, utan att få så lite skador att det blir ekonomiskt intressant. De flesta skördemaskiner klarar av att skörda en stor del av frukterna i dessertkvalitet, men kostnaden att sortera bort de skadade, och värdeförlusten av stötskadade äpplen gör skörden olönsam.

De flesta försök med maskinell skörd av äpplen har haft som mål att plocka äpplen för färskkonsumtion. Om man lyckas eller inte beror till stor del på prisskillnader mellan färsk och industrifrukt i det land där försöken görs. Man kan eventuellt sätta en gräns för hur mycket stötskador man kan acceptera. I Sverige skulle den gränsen troligen hamna under 10 %, och i så fall faller de flesta skördemaskiner bort. I stort sett är det bara skörd av unga träd i Lincoln Canopy (se kapitel 2.3) samt vissa försöksmaskiner för skörd med direktkontakt som klarar detta.

3.3 Selektiv skörd av mogen frukt

En del av problemet att skörda dessertkvalitet är att många sorter kräver att äpplena plockas vid ett flertal tillfällen eftersom de har en utdragen mognadsperiod. Enligt John Dunn vid NZAEI i Nya Zeeland (pers. medd., 1989) är det inte troligt att maskinskörd kommer att bli framgångsrik även om man lyckas bra tekniskt, eftersom många nya sorter kräver att de måste plockas selektivt.

I teorin kan man skilja mellan stora och små frukter vid skakning eftersom stora frukter faller av vid lägre skakenergi. Men i praktiken kan man inte skaka varje frukt med samma energi i normala trädformer (se diskussion i början av kap 4) varför man i praktiken inte får någon sorteringseffekt.

I vissa artiklar nämns möjligheter att skörda selektivt. Vid maskinskörd i Tatura Trellis (se kap 2.4) nämns att man kunde plocka mogna frukter i toppen av trädet genom att skaka bara den delen (Chalmers et al, 1978). En viss selektivitet har även rapporterats vid skörd av persikor med skakning (Webb et al, 1973).

Den frukt som troligen har störst behov av selektiv skörd är "Valencia" apelsiner som odlas för juice framställning. "Valencias" har den egenskapen att frukterna kräver 14 månader för att mogna (Sumner, 1973). Detta innebär att det vid skörden finns både mogna frukter och kart som skall mogna nästa år. En skördemaskin måste kunna skaka ner mogna apelsiner utan att de små frukterna faller av. Flera försök med skakning har gjorts. I ett fall provades att greppa grenverket och skaka vertikalt (Sumner, 1973). En viss selektivitet kunde uppnås i detta fall. I ett annat fall provades konventionella grenskakare (Coppock et al, 1985). I medeltal sjönk avkastningen nästa år med 15 %. Vid en jämförelse mellan mekanisk grenskakning och skakning med pulserande luft (se kap 4.3.5) kom man fram till att skörden nästa år reducerades, och mest med luftskakning (Coppock et al, 1981).

Selektiv skörd har också provats med direkta skördemetoder. Chen (1973) provade att skörda Valencia apelsiner med flexibla fingrar. Fingrarnas radie hade valts så att en mogen apelsin drogs loss medan en omogen frukt gled undan. Ett annat sätt att skörda efter storlek har provats av Lenker (1970). Han använde roterande, spiralformade gummifingrar som fördes in i trädet. Stora frukter drogs loss av spiralen medan mindre blev kvar. En liknande effekt uppnås av den s.k. "Hamstern" som har utvecklats för att repa loss äpplen i häckodling (Le Fluffy, 1982a). Maskinen repade genom grenverket och genom att välja avstånd mellan fingrarna, kan små frukter bli kvar. En närmre beskrivning av olika direktskördemetoder finns i kapitel 5.

För att nå verklig selektivitet i t.ex. röda äppelsorter krävs optisk mätning av färgen och skörd av ett äpple i taget. Detta kan man troligen endast nå med robot-skörd och bildbehandling (se kap 5.5).

3.4 Kapacitet och effektivitet vid maskinskörd

En skördemaskins kapacitet och effektivitet är i mycket hög grad beroende av odlingsystem, trädform, avkastning per träd mm. Kapaciteten anges ofta i träd per timme, och kapaciteten i kg per timme är då naturligtvis beroende av avkastningen per träd. Effektiviteten, som anger hur stor del av de befintliga frukterna som skördas, beror i hög grad på trädets form. Det är mycket svårt att jämföra olika maskiner på dessa punkter, eftersom det sällan har jämförts två maskiner under samma förhållanden. Jag skall i följande kapitel ge några exempel på uppgifter i litteraturen.

3.4.1 Kapacitet

De kapacitetsuppgifter som finns i detta kapitel bör ställas i relation till handplockningskapaciteten. Dessutom bör man ha i åtanke att timkostnaden för en skördemaskin är mångfaldigt högre än handplockning, samt att kvalitén på det utförda arbetet ofta ej är jämförbart. Zocca (1984a) uppger att plockprestationen vid handplockning i tre äppelsorter var mellan 75 och 79 kg per timme.

I litteraturen har angivits vitt skilda kapaciteter hos liknande typer av maskiner. I följande avsnitt finns några exempel.

Grenskakare. Kapaciteter från 6-9 träd per timme (Coppock, 1974) till 40-60 träd per timme (Fridley, 1983) har angivits. En vanlig uppgift verkar vara att ett träd kan skördas på ca 2 minuter, dvs 30 träd per timme.

Stamskakare. Anledningen till att man övergick till att använda stamskakare var bl. a. för att få högre kapacitet. Normala uppgifter är att ett träd per minut (60 träd/h) kan skördas. I vissa fall har högre kapaciteter noterats. Peterson och Monroe (1977) angav att upp till 120 träd per timme kan skördas under idealiska förhållanden med konventionella maskiner.

Ett par danska maskiner står i en särklass vad det gäller kapacitet med "stop-and-go" maskiner. Bennedsen (1984a) uppger kapaciteten hos Schaumann Twin till 178-201 träd per timme. Under praktisk drift på Edelgave fruktplantage i Danmark har skördats ca 7 träd per minut under en hel dag (Christensen, pers. medd. 1990). Detta innebär över 400 träd per timme!

Kontinuerliga skördemaskiner. Denna maskintyp har varit under utveckling under många år för att möjliggöra en ökad kapacitet vid skörd i tätodling med små träd. Peterson och Monroe (1977) uppgav att de hade lyckats skörda 210-284 träd per timme med sin försöksmaskin med sekventiell skakning (se kap 3.5.1).

Luftskakare. En annan typ av kontinuerliga maskiner är de som skakar med pulserande luft. Fridley (1983) rapporterar från ett försök där 176 träd per timme skördades.

Skörd med dämpbollar. De flesta försök att minska skadorna innebär att kapaciteten blir lidande. Ett exempel är försöken med att fylla trädets med plastkulor (se kap 9.3). I något fall rapporterades så låg kapacitet som 2 träd per timme (Nivon et al, 1977). I från Danmark rapporterades lite mer optimistiska siffror. 20-30 träd per timme uppgavs man skörda (Bennedsen, 1984a)

3.4.2 Effektivitet

Vid skörd av äpplen under svenska förhållanden är troligen 5-10 % förluster det mesta man kan acceptera så länge det finns tillgång till plockare. Vid större förluster blir skördemetoden orimligt dyr. Jag har i nedanstående avsnitt försökt sammanställa och systematisera en del av de uppgifter som finns i litteraturen. Det är i många fall oklart om effektivitetsuppgifterna gäller enbart losskakningen, eller om de innefattar hela skördemaskinen. Det är troligt att de flesta uppgifter gäller endast skakningen.

Enligt Kepner et al (1978) kan t.ex. plommon, surkörsbär, persikor, aprikoser och äpplen skördas med minst 90 - 95 % effektivitet vid skakning.

Grenskakare. Hög effektivitet har ofta rapporterats vid skörd med grenskakare. Sumner (1977) rapporterar t.ex 92-98 % losskakning vid försök med grenskakare.

Stamskakare. Vid skakning av stammen appliceras skakning längre bort från frukten och man kan befara lägre effektivitet. Men trots detta anges ofta hög effektivitet även vid denna skördemetod. Vanligt förekommande effektivitetssiffror är ca 85-95 % (Webb et al, 1973) och (Pellerin et al, 1978). I vissa fall har rapporterats så mycket som 96-98 % effektivitet (Berlage & Langmo, 1979).

Luftskakning. Hög effektivitet har ofta redovisats med denna metod. Coppock et al (1981) anger att effektiviteten vid skörd av apelsiner var 87 %. Brown et al (1983) anger att 90-95 % effektivitet ofta uppnås. Trots detta anger Whitney och Harrell (1988) att den totala effektiviteten endast är 75-78 %. I denna siffra ingår troligen även förluster före skörd orsakade av att lossningskemikalier gör frukten mer känslig för vind.

Skörd med dämpbollar. Denna skördemetod sänker inte endast kapaciteten, utan även effektiviteten. Fridley et al (1973) noterade endast 40-50 % effektivitet vid skörd med plastbollar. I Israel nådde man något bättre resultat och 43-95 % av äpplena skördades.

Direktkontakt skördemetoder. Skördemetoder som skördar genom att greppa frukten på något sätt har utvecklats för att vara skonsamma, men de lider ofta av låg effektivitet genom svårigheterna att nå varje frukt. Ett exempel är den s.k. Hamstern som repade loss äpplen. Den skördade i allmänhet mindre än 70 % av äpplena (Le Flufy, 1982b). Andra direktskördemetoder har redovisat högre effektiviteter. Chen et al (1982) lyckades skörda 84-93 % av frukterna vid försök med flexibla fingrar. Peterson och Miller (1988) skördade i medeltal 95 % av äpplena med en maskin som trycker loss frukterna med hjälp av aluminiumstavar.

3.5 Kontinuerlig skörd

De flesta skördemaskiner är utvecklade i USA och är då anpassade till de odlings-system som är vanliga där, dvs stora träd med stora avstånd. Vid tätheter av ca 300 träd per ha är inte kapaciteten per träd kritisk. Om man kan skörda 60 träd per timme innebär det att man kan skörda ett ha på 5 timmar. Vid skörd i ett modernt tätodlingssystem med täthet på upp till 3000 träd per ha eller mer är denna kapacitet oacceptabel. Vid skörd i dessa odlingsystem kan kontinuerlig skörd, dvs att skörden kan fortgå utan stopp vid varje träd, vara lämpligt. Kontinuerlig skörd har i vissa fall även den fördelen att man får ett jämnare flöde av frukt på uppfångning och transportörer. Många skador på konventionella maskiner uppstår p g a att en stor mängd frukt faller på en gång.

Kontinuerlig skörd kan man få både genom att skördeorganet stannar upp vid trädet under skörden och sedan flyttas fram till nästa träd, och genom att använda skördeorgan som befinner sig i kontinuerlig kontakt med grenar eller liknande. Den förra metoden kan kallas "sekventiell" skakning, medan den senare kallas kontinuerlig.

3.5.1 Sekventiell skakning

Flera forskare i USA har arbetat med sekventiell skakning. En av de som har arbetat mest med denna metod är troligen Don Peterson i West Virginia. Han använde en konventionell stamskakare som grep tag i stammen och skakade trädet medan den gled bakåt på en skena. Efter skakningen gled skakorganet framåt för att skaka nästa träd. Föraren behövde endast köra i konstant hastighet (Peterson & Monroe, 1974). Vid senare försök skördades mellan 212 och 230 träd per timme (Peterson, 1982).

Skakningen ändrades senare så att man istället använde sig av impulsskakning med samma typ av sekvens (Peterson & Miller, 1988).

En snarlik utrustning byggdes av van de Werken i Nederländerna (1981). En impulsskakare gled i en skena bakåt medan den skakade stammen och drogs sedan framåt för att möta nästa träd.

3.5.2 Kontinuerlig skakning

En del av de metoder som beskrivs på andra ställen i denna rapport är framtagna framförallt för att möjliggöra kontinuerlig skakning. Till dessa hör t.ex. den "sway-bar shaker" som beskrivs i kap 4.4.1.1. Hit hör även några av de maskiner som har byggts för att skaka grenverket, t ex de skaktrummor med vibrerande fingrar som beskrivs i kap 4.4.3.

En del av de skördemaskiner som har utvecklats för skörd i Lincoln Canopy har skakat genom slag underifrån vid kontinuerlig körning (se kap 4.3.4).

Även vid skörd i Tatura Trellis har liknande metoder använts. En av de första som provades var en vibrerande skena som låg i kontakt med grenarna. Två olika mekanismer för skakningen provades. Den ena var en vevmekanism och den andra var en obalansdrivning med två roterande vikter. Skenan var byggd så att grenen först gavs en skakning med liten amplitud, och sedan fick en allt kraftigare skakning. Man ansåg att vevmekanismen var fördelaktig (Gould et al, 1986).

I Ungern arbetade Gyuro et al (1981) med en skördemaskin för träd i häckodlings-system (se kap 2.2). Maskinen skakade loss äpplen med vibrerande stänger och de fångades sedan upp på 5 olika nivåer (se kap 6.2.2). Maskinen beräknades kunna skörda 25-30 ton per timme och ha minst 70-80 % av frukterna i den högsta kvalitetsklassen.

Ytterligare ett sätt att nå kontinuerlig skörd med skakning är vid skakning med pulserande luft (se kap 4.3.5).

3.5.3 Kontinuerlig skörd med andra metoder

Kontinuerlig skörd kan även uppnås vid skörd med direktkontakt. Ett exempel är den s.k. Hamstern som repade genom trädet när den körde i jämn hastighet (se kap 5.1.1).

Ett annat exempel är Bent Bennedsens maskin som roterar äpplen så att de faller loss (se kap 5.3).

3.6 Destruktiva skördemetoder

Det jag kallar "destruktiva" skördemetoder är skörd där hela eller delar av trädet klipps av vid skörden. Detta har främst använts i experimentmaskiner för skörd i Meadow orchard (se kap. 2.1).

I Israel utvecklades en skördemaskin för att användas i försök med persikor. Trädkronan sågades av med två sågklingor som roterade med 3 000 rpm. Grenarna klämdes mellan två remmar och lyftes upp till en skakanordning som bestod av en nättransportör som skakade i vertikal riktning samtidigt som den transporterade grenarna bakåt i maskinen. Optimal inställning var vid skakning med en amplitud på 100 mm och en frekvens på 130- 140 rpm (2,2-2,3 Hz). Inom 0,15 sekunder skakade man loss 85 - 95 % av frukterna. Kapaciteten hos skördemaskinen var 1 ha på ca 20 timmar med fyra man på maskinen (Alper, 1981).

4 INDIREKTA SKÖRDEMETODER

Indirekta skördemetoder kännetecknas av att frukterna skördas utan att skörde-maskinen är i kontakt med dem. Den vanligaste metoden är att hela trädet skakas. Metoden är mycket snabb, t.ex. kan ett äppelträd skördas med mindre än 10 sekunders skakning. Den kan också vara mycket effektiv om trädet har lämpligt växtsätt. Svårigheten med alla indirekta metoder är att överföra samma skakenergi till varje frukt. Om det vore tekniskt möjligt att skaka varje frukt med samma frekvens och amplitud, skulle man t.ex. kunna skörda endast de största frukterna. I praktiken dämpas skakningen av grenarna, så att de frukter som är nära stammen skakas med stor energi, medan de som sitter på långa grenar får en mycket mindre skakning. Vid skakning i endast en riktning får man dessutom den effekten att grenar vinkelrätt mot skakriktningen ges en mindre skakning än grenar parallella med skakriktningen.

4.1 Skakning

Den dominerande maskinskördemetoden för frukt är att skaka ner frukterna och fånga upp dem, eller plocka upp dem senare. Tidigare var grenskakare vanliga, men dessa har alltmer ersatts av stamskakare som greppar stammen nära marken och skördar de flesta frukterna i ett enda moment.

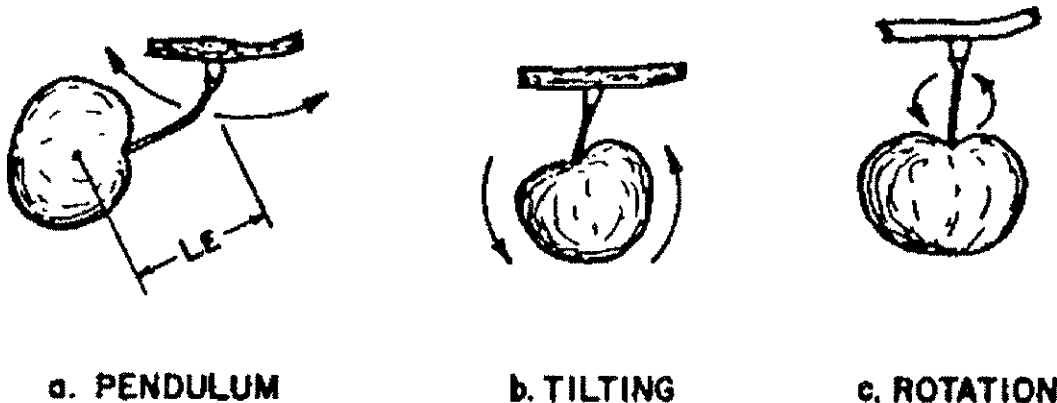


Bild 10. Olika rörelseformer hos ett äpple vid skakning: pendel, vridning och rotation (Diener et al, 1965).

Den grundläggande principen bakom skörd med skakning är att grenarna sätts i sådan rörelse att frukten lossnar genom en pendelrörelse, eller genom att grenar "rycks" bort från frukten och fruktens tröghet gör att den släpper från grenen. Vid laboratorieförsök med skakning av grenar med äpplen, fann Diener et al (1965) att äpplen lossnade vid olika former av skakning. Vid låg frekvens svängde frukten som en pendel, vid högre frekvens uppträdde en vridning och slutligen vid ännu högre frekvens uppträdde en rotation (se bild 10). Dessutom observerades studsande och cirkulära rörelser. Vridning och rotation, som uppträder mellan 220 - 450 cpm (3,6-7,5 Hz), visade sig vara de mest effektiva formerna för att skaka loss äpplen.

Vid senare försök noterade man även andra former av skakning, och man redovisade sex olika observerade fruktrörelser vid skakning (se bild 11), (Stafford & Diener, 1973).

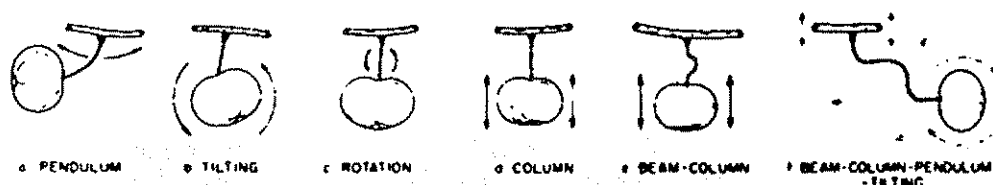


Bild 11. Sex olika rörelseformer vid skakning: pendel, vridning, rotation, hoppande, stjälsrörelser samt kombination av de övriga (Stafford & Diener, 1973).

I några försök har man jämfört skakning i vertikal riktning med horisontell (som är det vanligaste). Garman et al (1972) jämförde en vevskakare och en hydraulskakare i båda riktningarna. De fann att vevskakaren i vertikal riktning gav högre krafter i stälken än de andra alternativen. De drog även den slutsatsen att skakning i vertikal riktning troligen är bättre än i horisontell riktning eftersom man får bl a ryck som effektiviserar lossningen.

McLaughlin et al (1976) jämförde effektivitet och skador vid vertikal och horisontell skakning av grenar. De fann att de vid vertikal skakning fick 16 % fler frukter skördade i den första sekunden av skakningen (detta påverkar skadorna). Dessutom fick de 6 % fler oskadade frukter vid den vertikala skakningen.

Vid skörd av stöttåliga produkter, som t.ex. nötter, skakas oftast tills alla nötter är skördade. Skakning med flera korta impulser ger i vissa fall bättre resultat eftersom det ger varierande frekvenser och skapar s.k. transienter (Kepner et al, 1978). Denna metod används även för att minska skadorna på frukterna. Vid skörd av surkörsbär är det vanligt att skaka med flera korta skakningar på 2-3 s. Om uppfångning och transportörer överlastas ökar skadorna (Brown et al, 1983). Om uppbromsningsremсор (se kap 6.1.1) används, kan det vara nödvändigt att låta frukterna "rinna igenom" innan resten av frukten skakas loss (Zocca, 1984a).

4.1.1 Frekvens och amplitud

För att få loss så stor del av frukterna som möjligt utan allvarliga skador på frukt eller träd krävs en relativt väl kontrollerad frekvens och amplitud. Med frekvens menas antal hela cykler per sekund och de mäts i Hz. En cykel är ett slag från mittpunkten till fullt utslag åt ena hållet, fullt utslag åt andra hållet och tillbaka till mittpunkten.

Vad amplitud är råder det en viss begreppsförvirring om. Amplitud skall vara avståndet från mittpunkten till fullt utslag. Detta blandas ofta ihop med slaglängden som är avståndet mellan fullt utslag åt två håll. Det är även svårt att jämföra olika uppgifter eftersom man anger amplitud vid griplon. Amplituden vid frukten, som är det som genomför skörden, är beroende på trädets storlek, gren-tjocklek m m.

Fridley (1983) anger att vid skakning av grenar i trädtyper med relativt stadigt eller styvt växtsätt krävs höga frekvenser (25-40 Hz) och kort slaglängd (20-25 mm). Vid skörd av träd med långa, flexibla grenar behövs långa slag (100-125 mm) och låg frekvens (1,5-6 Hz).

4.2 Äldre skakmetoder

Idag används nästan uteslutande skakmetoder som skakar trädet utan att maskinen skakas. Innan dessa utvecklades användes skakmetoder där maskinen användes som motvikt. I nedanstående kapitel skall jag försöka beskriva de flesta av dessa. Ordningen på de olika avsnitten följer i möjligaste mån den historiska utvecklingen av maskinell skörd genom skakning.

4.2.1 Manuella skakmetoder

Med manuella skakmetoder menar jag skördemetoder där man bär med sig skakanordningen. En tidig rationalisering av skördarbetet har varit att slå på grenarna med långa käppar för att slå bort grenarna från frukterna (Fridley, 1983). Denna metod används fortfarande för att skaka loss de sista frukterna eller nötterna, t.ex. vid körsbärsskörd i Danmark.

Frukt har även skördats genom att en klo på en lång käpp lades över en gren som skakades upp och ned. Vissa fruktslag har skördats genom att grova grenar slogs med en 1 meter lång klubba med en hård gummiklädsel på ena änden (Fridley, 1983).

Skörd med käppar ersattes senare av små handhållna vibratorer. Dessa bestod ofta av dubbelverkande pneumatiska cylindrar fästade vid en lång stång. I andra änden fanns en C-formad krok, som placerades över en gren (Fridley, 1983).

4.2.2 Kabelskakare

Ett av de första försöken att mekanisera trädskakning var kabelskakarna. Sådana skakare har rapporterats redan 1946 (Fridley, 1983). Kabelskakare består i sin enklaste form av en vev på kraftuttaget på en traktor. Vid veven är en kraftig kabel fäst och i andra änden sitter en krok eller ögla som fästs i en gren. Kabeln sträcks genom att traktorn flyttas och trädet skakas.

Kabelskakare ger ofta en skakning med stor amplitud. Kabelskakare kan endast överföra dragkraft och grenen fjädrar tillbaka av egen kraft. Skakfrekvensen kan inte bli högre än grenens resonansfrekvens. Traktorföraren måste vara försiktig så han undviker att bryta av grenen när han spänner kabeln.

Nackdelarna med kabelskakare är bl a att det går åt en man för att fästa kabeln vid trädet, att skakfrekvensen är begränsad till trädets resonansfrekvens (vilket omöjliggör skakning vid optimal frekvens) och att trädet riskerar att skadas vid ovarsam hantering.

4.2.3 Bomskakare

Bomskakarna utvecklades bl a för att eliminera behovet av en man vid trädet för att fästa kabeln vid användning av kabelskakaren. Kabeln ersattes av en lång bom med en klämma i ena änden. Två olika typer utvecklades. Den ena hade en hydrauliskt manövrerad klämma som fästes vid en gren. Skakningen genererades av en excentrisk vev fästad vid en traktor. Slaglängden vid grenen blir lika med vevens slaglängd. Den andra typen av bomskakare kallades "knocker", och den ersatte i princip klubban (se kap 4.2.1). Istället för klämma hade den en gummidyna i änden av bommen. En skakimpuls överfördes när dynan sköts mot grenen. Några "knockers" drevs av en vevmekanism, medan andra hade en fjäder som spändes av en vevmekanism. En tredje typ bestod av en pneumatisk cylinder med en dyna i ena änden av kolven (Fridley, 1983).

En av nackdelarna med bomskakare, jämfört med kabelskakare, är att de förra är dyrare och ofta gick sönder. Deras användbarhet var beroende av trädform och markens beskaffenhet (Fridley, 1983). En nackdel med båda typerna av skakare är att de överför vibrationer till traktorn, och det krävs en relativt tung traktor som "motvikt".

4.3 Olika metoder att generera skakning

En rad olika metoder att sätta grenar och frukter i skakning utan att skaka maskinen har provats i försök och praktisk odling. Nedanstående kapitel beskriver en rad olika metoder.

4.3.1 Obalans-skakare

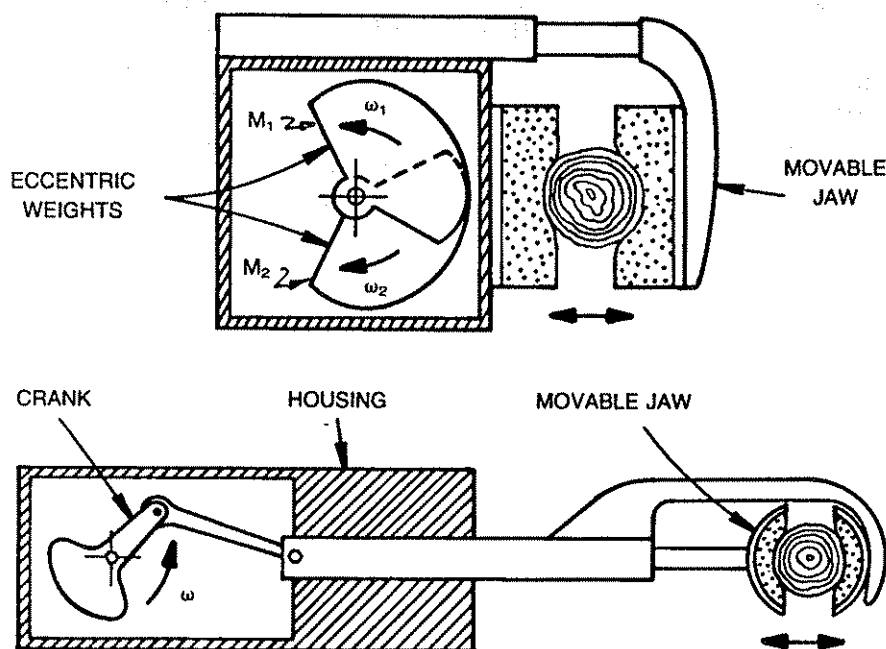


Bild 12. Två olika system för obalansskakare. På övre bilden genereras skakningen av två motroterande obalansvikter, och på den nedre av att vevhuset (den streckade delen) dras fram och tillbaka (Fridley, 1983).

Obalansskakarna, eller tröghetsskakare, ("inertia-shakers") utvecklades för att möta behovet av en skakanordning som kunde vara en integrerad del av en komplett skördemaskin med uppfångning m m, utan att överföra vibrationer till basmaskinen. De första obalansskakarna utvecklades för skakning av grenar (Fridley, 1983).

Dessa skakare skiljer sig från de tidigare genom att det är endast en mindre del av skakorganet som bringas att skaka. Vid skörden spänns skakhuvudet fast vid grenen eller trädet och en mindre massa slungas fram och tillbaka. Av trögheten tvingas då trädet att skaka. Den stora fördelen är att basmaskinen inte vibrerar.

Redan från början utvecklades de två huvudprinciper som dominerar bland träd-skördemaskiner, vevskakare ("slider crank") och motroterande obalansvikter (Adrian & Fridley, 1965).

Vevmekanismer har använts i stor utsträckning som grenskakare, men även som stamskakare t.ex. vid körsbärsskörd. Ett exempel på "slider crank" är Schaumanns trädskakare. När en vevskakare fästs vid ett träd eller en gren utgör bommen, klämman och trädet en enhet medan vevhuset och de drivande delarna kastas fram och tillbaka (se bild 12). Trögheten gör att trädet sätts i skakning. En vevskakare kan endast skaka trädet i en riktning.

Man kan säga att skillnaden mellan bomskakare och vevskakare ligger i att i det förra fallet sitter vevhuset fäst och man drar bommen fram och tillbaka, medan i en vevskakare sitter bommen fäst (i trädet) och man drar vevhuset fram och tillbaka.

En av fördelarna med vevskakare är att man kan ha långt avstånd mellan vevmekanism och träd, och samtidigt en lätt och smidig skakenhet (Fridley, 1983).

Den andra huvudtypen av obalanssskakare är skakning med roterande obalansvikter (se bild 12). I dessa genereras skakningen av excentriskt placerade vikter som slungas runt. Skakanordningen spänns fast vid trädet och vikterna sätts i rotation. Trögheten gör att vikterna, och därmed trädet kastas fram och tillbaka. Skakning med motroterande obalansvikter används i huvudsak vid skakning av hela träd.

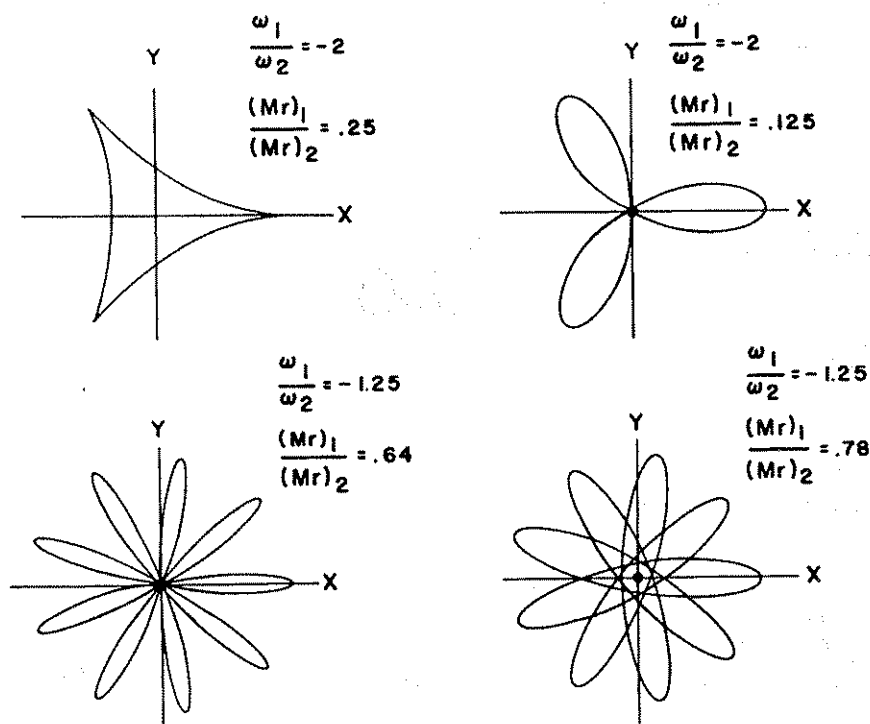


Bild 13. Olika skakmönster som kan genereras vid skakning med motroterande obalansvikter (Fridley, 1983).

En av de stora fördelarna med denna typ av skakning är att man kan få trädet att skaka i olika riktningar och därmed öka effektiviteten vid skörd. Skakning i flera riktningar kan genereras på flera olika sätt. Ett sätt är att rotera vikterna med olika hastighet. Ett annat att ha obalansvikterna på olika sidor om trädet. Vid rotation i olika riktning får man ett stjärnformat skakmönster, och vid rotation i samma riktning och med samma hastighet får man en cirkulär rörelse av stammen (Fridley, 1983). Bild 13 visar några olika skakmönster.

Skakningens frekvens kontrolleras genom rotationshastigheten hos obalansvikterna, och amplitud och skakmönster kontrolleras genom massan hos de excentrisk viktarna samt förhållandet mellan de relativa hastigheterna hos vikterna. Slaglängden är beroende av trädstorlek. Slaglängden kan approximativt beräknas till:

$$S = 2 \text{ mr} / (M_s + M_g)$$

där S = slaglängd (spets till spets)
 m = excentrisk massa hos skakaren
 r = excentricitet hos skakare
 M_s = total skakmassa
 M_g = effektiv massa hos gren.

Den effektiva massan av en gren kan uppskattas till 0,2 kg/mm diameter av en gren och 2 kg/mm diameter av en stam (Fridley, 1983).

4.3.1.1 Metoder att minska effektbehovet

Ett problem med obalanssskakare, speciellt om de skall drivas av en traktor, är det stora effektbehovet, vilket kräver stort flöde och högt tryck i hydraulsystemet. Dessutom har man endast behov av detta stora hydraulflöde under en kort stund. Fridley (1983) anger att för att skaka en gren med 120 mm diameter 35-40 mm (spets till spets) och med 15 Hz, krävs som mest 6000 N och ca 5 kW medeleffekt. Kommersiella maskiner har hydraulmotorer på ca 8 kW för grensskakare och 30 - 40 kW vid skakning av stammen. Några olika metoder har föreslagits för att minska effektbehovet.

Khalilian et al (1979) provade en "fjäderladdad" vevskakare. De monterade fjädrar mellan den oscillerande massan och bommen. De fann att både det maximala effektbehovet och toppbelastningen minskade. Däremot ökade effektbehovet för att starta skakningen.

I Italien har utvecklats en skakare som lagrade energi i hydraulackumulatorer. En mindre pump laddar upp ackumulatören och vid skakning har man tillgång både till pumpens och ackumulatorns oljeflöde. Detta medger att man använder en mindre kraftkälla och billigare komponenter (Zocca & Regazzi, 1984).

4.3.2 Hydrauliska skakare

Skakningen kan även genereras genom att en hydraulcylinder bringas att dra fram och tillbaka. Metoden har använts både vid vanlig skakning och vid impuls-skakning (se kap 4.3.4).

Garman et al (1972) provade en hydraulcylinder med 95 mm slaglängd vid upp till 480 cpm (8 Hz). De jämförde utrustningen med en vevskakare med liknande massa och slaglängd, och uppmätte lägre skakenergi vid frukten.

4.3.3 Pneumatiska skakare

Tryckluftscylindrar kan naturligtvis generera skakning på samma sätt som hydraulecylindrar.

van Heek & Gould (1977) använde en pneumatisk skakare för skördeförsök i Tatura Trellis (se kap 2.4). Utrustningen användes kommersiellt för kartgallring och gav 1000 slag per minut (17 Hz). Man lyckades skörda mellan 75 och över 90 % av frukterna.

4.3.4 Impulsskakning

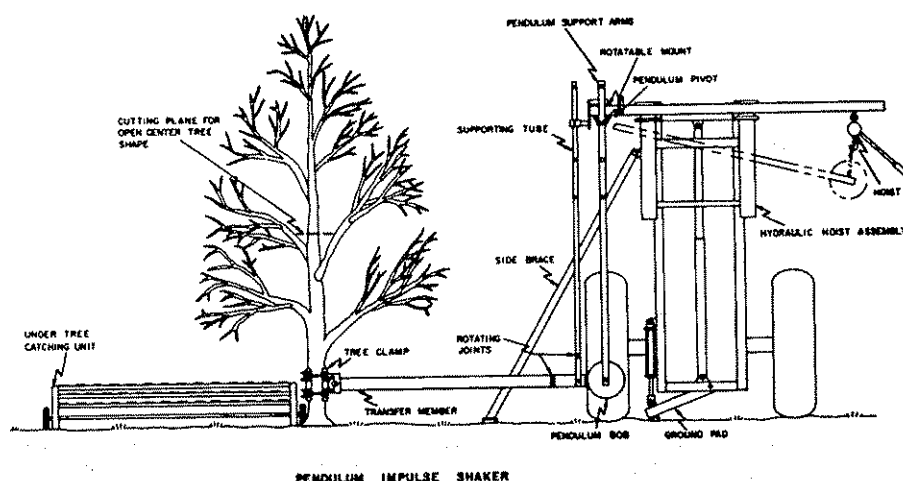


Bild 14. Skiss av försöksmaskin med skakning med en tung pendel (Pellerin et al, 1978).

Vanlig skakning är förvisso ett effektivt sätt att skörda frukter men vid skörd av känsliga frukter, som äpplen, riskerar man stora skador på frukterna. En anledning till att många frukter skadas inne i trädet är att grenarna skakar när frukterna faller genom grenverket. En annan anledning är att frukterna ibland svänger fram och tillbaka och slår mot grenen innan de lossnar. För att minska dessa problem har man utvecklat impulsskakmetoden.

Impulsskakning går ut på att ge trädet en, eller ett fåtal, korta skakimpulser. Grenen rycks då undan från frukten och grenen hinner stanna upp innan frukten börjar falla.

Impulsskakning var en av de första metoderna för maskinell skörd som provades. En gummidyna trycktes mot stammen och trädet gavs en kort stöt av en fjäder (Fridley, 1983).

Ett av de första moderna försöken med impulsskakning genomfördes av Pellerin et al (1978) i USA. Vid de första försöken använde de sig av en pendel som släpptes ner på en bom som var fäst vid trädet (se bild 14). Vid försöken jämfördes med vanlig skakning och man fann vid dessa försök att impulsskakningen gav fler skador än obalansskakaren.

Eftersom en pendel är något klumpig att använda utvecklade man en skakanordning som skulle vara enklare att använda. Pacheco & Rehkugler (1979) tog fram en impulsskakare där skakningen skapades av en vikt som slungades av fjäderkraft. Skakhuvudet greppade trädet på konventionellt sätt och vikten släpptes mot ett stopp. En hydraulcylinder användes för att spänna fjädern (se bild 15). Denna skakmetod gav en distinkt impuls.

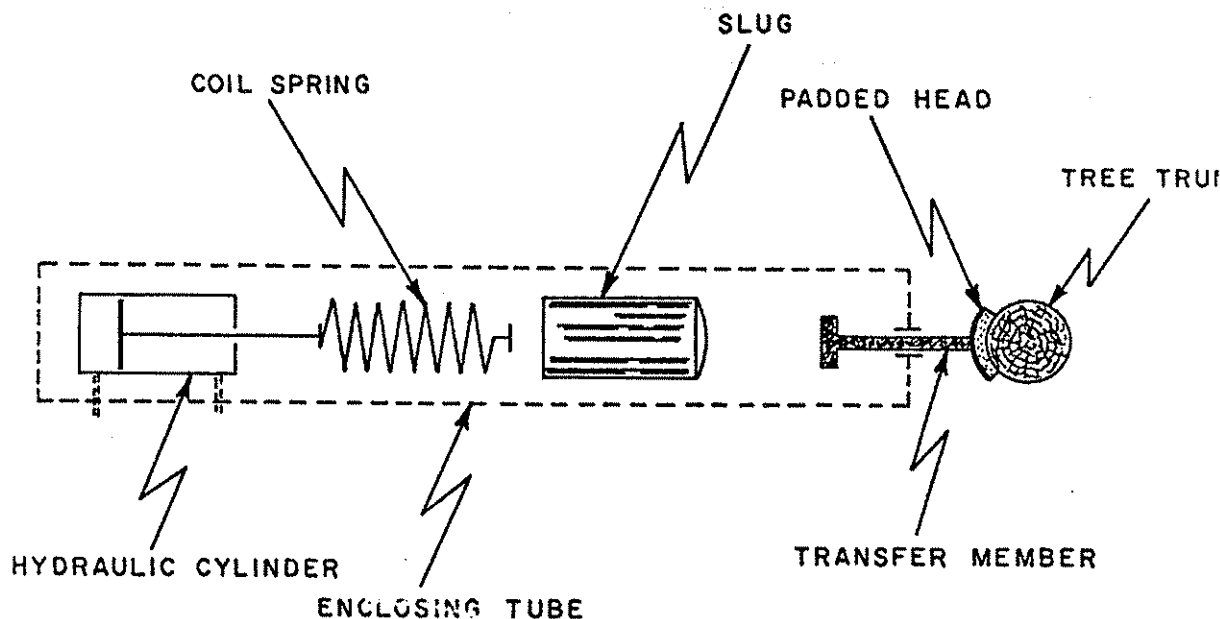


Bild 15. Skiss över impulsskakare med en vikt som slungas av fjäderkraft (Pacheco & Rehkugler, 1979).

Skakmetoden vidareutvecklades senare så att man fick två impulser, en i vardera riktningen. Detta uppnådde man på två olika sätt. I den ena skakaren hade man två vikter som slungades i motsatt riktning, och i det andra använde man sig av rekylen från fjädern. I båda fallen lät man den andra impulsen komma när trädet hade sitt maximala utslag. Dessa båda skakmetoder jämfördes med vanlig obalansskakning. Man fann ingen signifikant skillnad i skador mellan de två impulsskakmetoderna. I McIntosh äpplen fick man mer än 80 % 1:a klass äpplen. Vid jämförelse mellan impuls och obalansskakning gav den senare metoden betydligt fler skadade frukter (Pellerin et al, 1981).

Eftersom impulsskakaren endast skakar i en riktning, lossnar frukter på grenar parallella med skakriktningen lättare än de som sitter på grenar vinkelrätt mot skakningen (Millier et al, 1983).

En annorlunda typ av impulsskakare har byggts i Sovjetunionen av Chulak (1984). Den utrustning som byggdes bestod av en roterande skiva där två armar med gummi hjul var fästa (se bild 16). När skivan roterade slog hjulen mot stammen och gav trädet en impulsskakning.

van de Werken vidareutvecklade impulsskakningen genom att bygga en hydraulisk skakare (van de Werken, 1978). Skakningen genererades endast av att hydraulcylindern gavs en hydraulisk impuls. Den användes vid försök med skörd i häckodling i Holland.

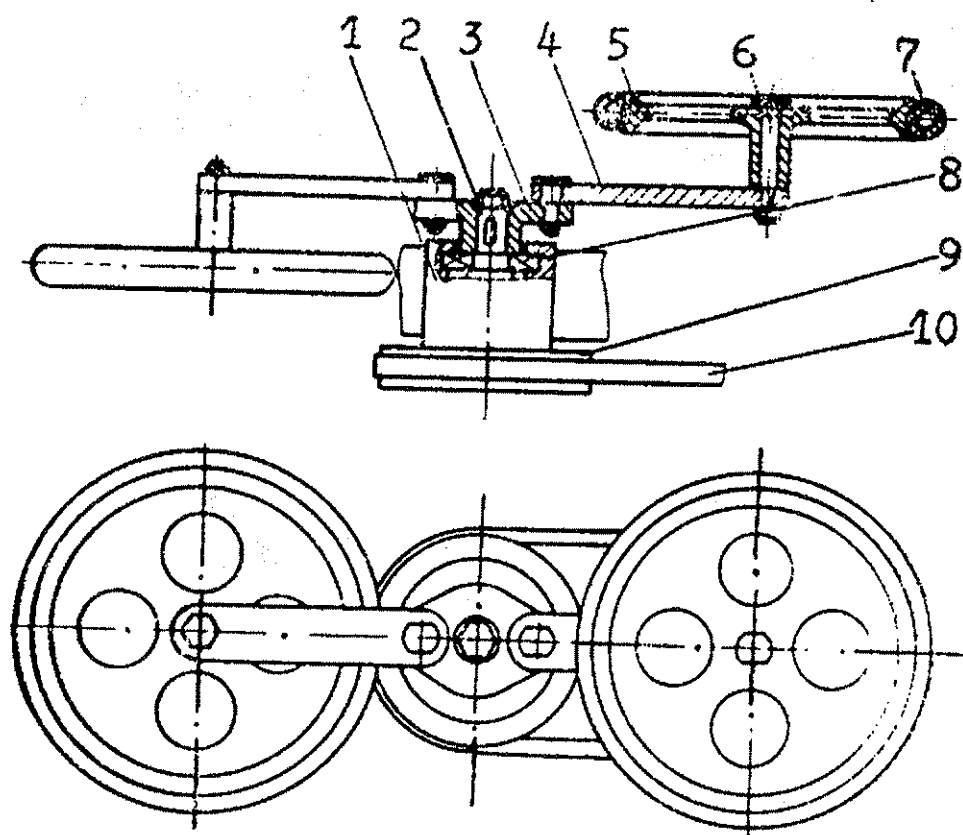


Bild 16. Skiss över skakorgan med två fritt upphängda gummihjul som slår mot trädstammen (Chulak, 1984).

Man provade två olika impulsskakare, en dubbel- och en enkel-slagig skakare. Den dubbelslagiga gav först en skakning med låg hastighet och den andra impulsen var av högre hastighet. Man fann att man fick lika bra resultat med endast en impuls av hög hastighet (van de Werken, 1981).

I Frankrike byggdes en hydraulisk impulsskakare efter samma idéer som den holländska. Man hade behov av en kraftigare skakare för större träd. Efter skakning med impulsskakaren var 55 till 75 % av äpplena i den högsta klassen, medan en obalanssskakare endast gav 36 till 49 % av frukterna i samma klass (Pellenc et al, 1984).

Vid skörd av frukt i träd odlade enligt Lincoln Canopy System (se kap 2.3) användes impulsskakning i försök. De första försöken gjordes genom att man slog underifrån med en bräda mot grenverket. Vid skakningen föll frukter från grenar ca 0,5 m framför slaget. Man slog med 15 cm mellanrum mellan varje slag, och nästan alla frukter skördades (Dunn & Stolp, 1981).

Denna skördemetod var effektiv så länge träden var unga. När grenarna blev kraftigare dämpades slaget och en mycket mindre andel kunde skördas (Dunn & Stolp, 1987).

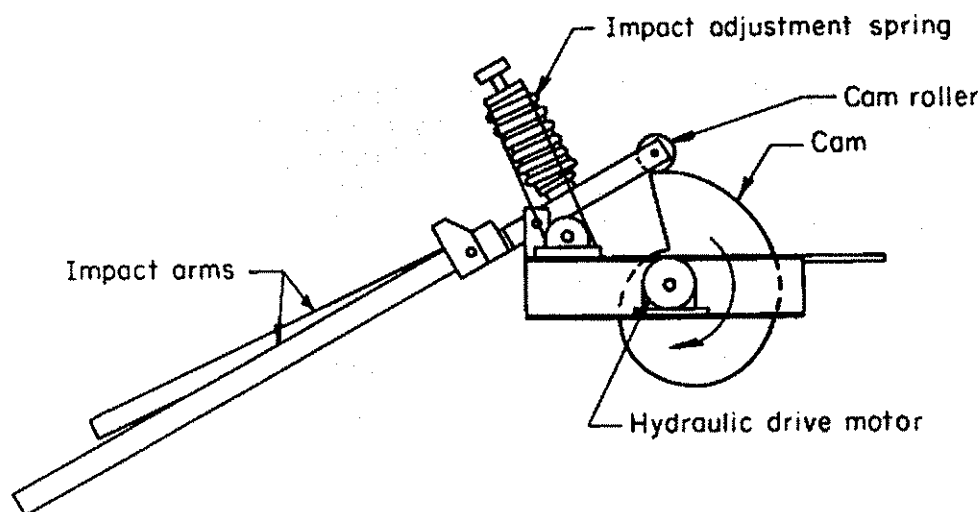


Bild 17. Skiss över skördeorgan för Lincoln Canopy-odlade äpplen. En arm spänns av fjäderkraft och slår underifrån mot uppbindningstrådarna (Domigan et al, 1988).

Utveckling av skördemaskiner för Lincoln Canopy har även skett i USA. En fjäderspänd slagarm som spändes med en kam användes för slag från undersidan (se bild 17). Vid mätningar med accelerometrar fästade vid uppbindningstrådarna visade det sig att endast de tre yttersta trådarna skakades med tillräcklig energi för effektiv skörd. Genom ombyggnad av skakarmen förbättrades detta. När träden var sex år gamla blev grenarna för styva och resultatet försämrades (Domigan et al, 1988).

Domigan et al (1988) arbetade vidare med att prova impulsskakning genom att greppa stammen. Man använde sig av samma typ av impulsskakare som utvecklats av bl a Millier (se ovan). Samtliga frukter i trädet skördades med fyra eller färre skakningar. Frukten föll omedelbart och rakt ned.

Impulsskakning har även använts vid skördeförsök i Tatura Trellis (se kap 2.4). Gould & van Heek (1982) jämförde en hydraulisk impulsskakare med en obalansskakare vid skörd av päron på Tatura Trellis. De fann att betydligt fler frukter skördades med stjälk när impulsskakaren användes.

Vid ett senare arbete provades en mekanism som påminner om den som har använts vid skörd i Lincoln Canopy. En fjäderbelastad skena spändes av en kam-mekanism och slog mot grenarna. Skenan slog en gång per sekund och varje gren fick 3 till 5 slag. Från början var skenan monterad så att den slog från undersidan. Detta gjorde att relativt många frukter kastades bort från grenarna. Man provade därför istället att slå från insidan av uppbindningsställningen. Man kunde skörda 95 % av frukterna vid skörd av plommon (Gould et al, 1986).

4.3.5 Skakning med pulserande luft

Ett flertal försök har gjorts med att skaka ner frukter med pulserande luft. Denna tanke har troligen väckts när man har sett effekten av en storm på t.ex. äpplen. En anledning till att man arbetar med luft är att försöka nå varje frukt med

samma skakenergi, vilket är mycket svårt att uppnå när man skakar grenar eller stam. I praktiken är detta mycket svårt att uppnå även med luftskakning, eftersom bladverket påverkar luftströmmarna.

Skakmetoden har provats på ett flertal frukter och har använts kommersiellt i citrus och fikon. Metoden bygger på att grenen omväxlande blåses bort och fjädrar tillbaka så att en skakrörelse uppstår. Bladen verkar som "segel" och drar med sig grenen. Detta gör att frekvensen begränsas till grenens egenfrekvens, ungefär 1 till 2 Hz. Många forskare rapporterar ett optimum omkring 1 Hz. Lufthastigheter på 40 till 70 m/s har använts. Körhastigheten bör hållas låg, ca 0,4 km/h är vanligt. Även om effektivitet på över 90 % har uppmätts, är det vanligt att endast 40 - 60 % av frukterna skördas (Fridley, 1983).

Utveckling av skakmetoder med pulserande luft började redan i slutet av femtio-talet. Abu-Gheida et al (1962) rapporterade försök med skörd av aprikoser och körsbär. De lyckades skörda alla aprikoser på 40 s vid en lufthastighet av 1650 m/min (27 m/s) och 180 pulser per min (3 Hz). Man lyckades endast skörda 80 % av sötkörsbären och 66 % av surkörsbären.

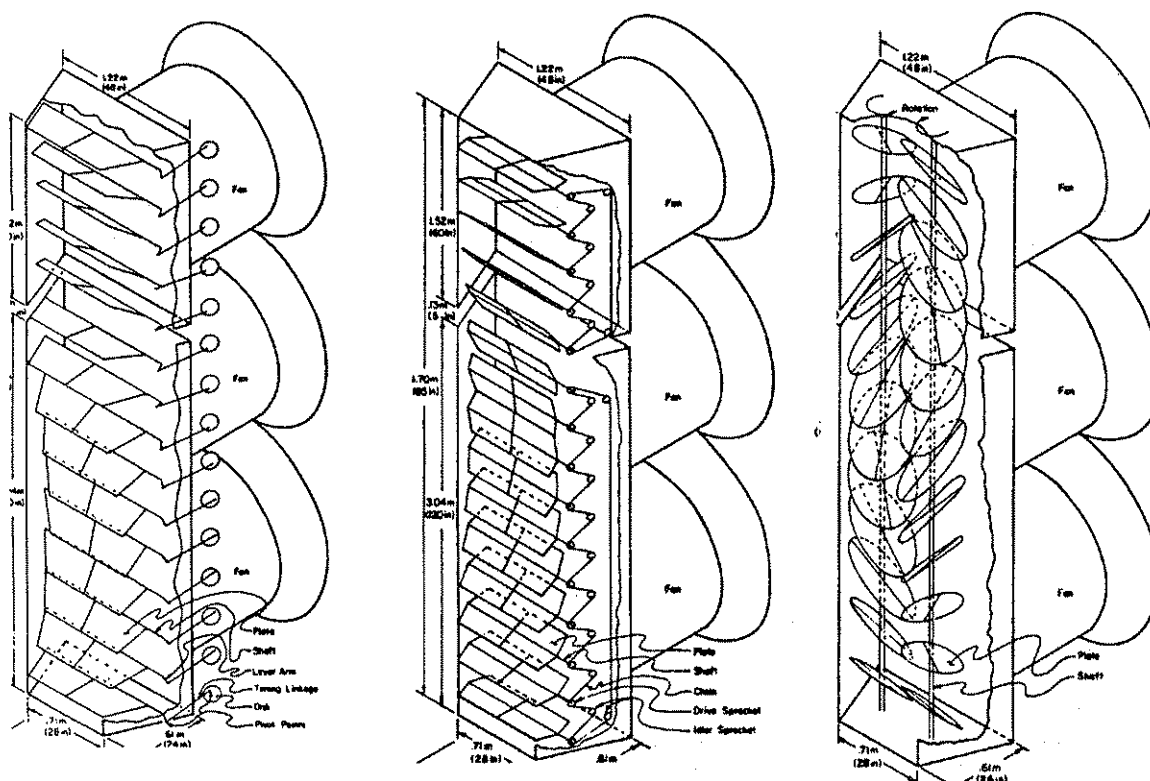


Bild 18. Tre olika metoder att skapa pulserande luftstötter: Styrskenor, "center pivot" och roterande skivor (Whitney, 1978).

Berlage (1973) rapporterade om försök med skörd av äpplen. Han konstaterade att det är nödvändigt att använda kemikalier för att lossa frukterna före skakningen. Vid försöken varierade resultatet mellan 5 och nära 80 % av frukterna skördade. Han konstaterade att fördelarna med denna skördemetod var: (a) kontinuerlig skörd, (b) skörden sker på en begränsad yta, vilket möjliggör användning av en kort uppfångningsyta, (c) ett kontinuerligt flöde av frukt, vilket motverkar tillfällig överbelastning på uppfångningen, (d) möjligt att skörda små träd,

(e) metoden motverkar skador på grenar och bark. Nackdelarna är: (a) behov av lossningskemikalier, (b) frukten är känslig för stormlossning, (c) frukten kan stötskadas om den svänger före fallet, (d) rörelser hos frukt och grenverk hindras ibland av uppbindingstrådar, (e) energin i luftströmmen absorberas snabbt av grenverket.

Tsonev och Belyakov (1984) skriver att vid skörd av plommon krävs lufthastigheter på mer än 80 m/s och ett luftflöde om 80 m³/s.

Skörd med pulserande luft har främst använts vid skörd av apelsiner. Vid skörd av Valencia-apelsiner har man problemet med att nästa års frukter redan finns som kart, vilket kräver selektiv skörd (se kap 3.3). Skakning av stammen ger för dålig jämnhet och luftskakning är ett sätt att få jämnare skakenergi vid frukten.

Whitney (1978) jämförde tre olika system att skapa en pulserande luftström. De tre systemen var: "styrskenor", "center pivot" och roterande skivor (se bild 18). Samtliga tre utrustningarna monterades på samma fläktar och resultatet jämfördes. Man konstaterade att center-pivot systemet var överlägset de andra. Detta berodde troligen på att det systemet gav den mest distinkta pulsen.

Whitney och Wheaton (1986) gjorde jämförande försök mellan en luftskakare och en obalansskakare (skakning av stammen). De konstaterade att i medel skakades 92 % av apelsinerna ner med luftskakaren jämfört med 90 % med obalansskakaren.

4.4 Olika överföringsmetoder vid skakning

Förutom de olika sätten att generera skakning, kan man skilja mellan olika sätt att överföra skakningen till trädet. I princip är det endast frukten man eftersträvar att sätta i rörelse, och de olika sätten att överföra skakningen skiljer främst i form av effektivitet och kapacitet.

4.4.1 Skakning av stammen



Bild 19. Skörd av mandel genom skakning av stammen.

Skakning av stammen, och därmed hela trädet med en fasthållning är det snabbaste sättet att skörda frukt. I vissa fall kan ett träd skördas med mindre än 10 s skakning. Skakenergin riskerar att dämpas kraftigt om trädet har långa grenar som "svänger med".

I de fall det är möjligt att använda stamskakare är de fördelaktiga. Stamskakare fungerar inte bra på stora, böjliga träd. Metoden kräver även att trädet har en relativt hög stam för skakaren att greppa om. När man började använda stamskakare fick man möjligheten att skaka i olika riktningar (se kap 4.3.1), vilket ger bättre överföring av skakningen oberoende av riktningen mot skördemaskinen (Fridley, 1983).

4.4.1.1 Stamskakning utan att greppa om stammen

Stamskakning innebär stora fördelar, men metoden är främst anpassad till skörd av stora träd, planterade med relativt stora avstånd. I tätodling krävs en högre kapacitet, vilket i allmänhet innebär att skördemaskinen måste skörda kontinuerligt. Det har utvecklats metoder för kontinuerlig skörd med stamskakare som greppar stammen (se kap 3.5), men detta kapitel skall handla om alternativa metoder.

Tennes och Brown (1981) utvecklade ett par olika skakutrustningar. Den ena bestod av en roterande obalansvikt inne i ett gummihjul på var sida om stammen (se bild 20). När skakanordningen passerade trädet skakades det i sidled. Man lyckades endast skörda ca 50 % av äpplena och hade problem med att vibrationer överfördes till maskinen. Metoden övergavs senare när man provade andra alternativ.

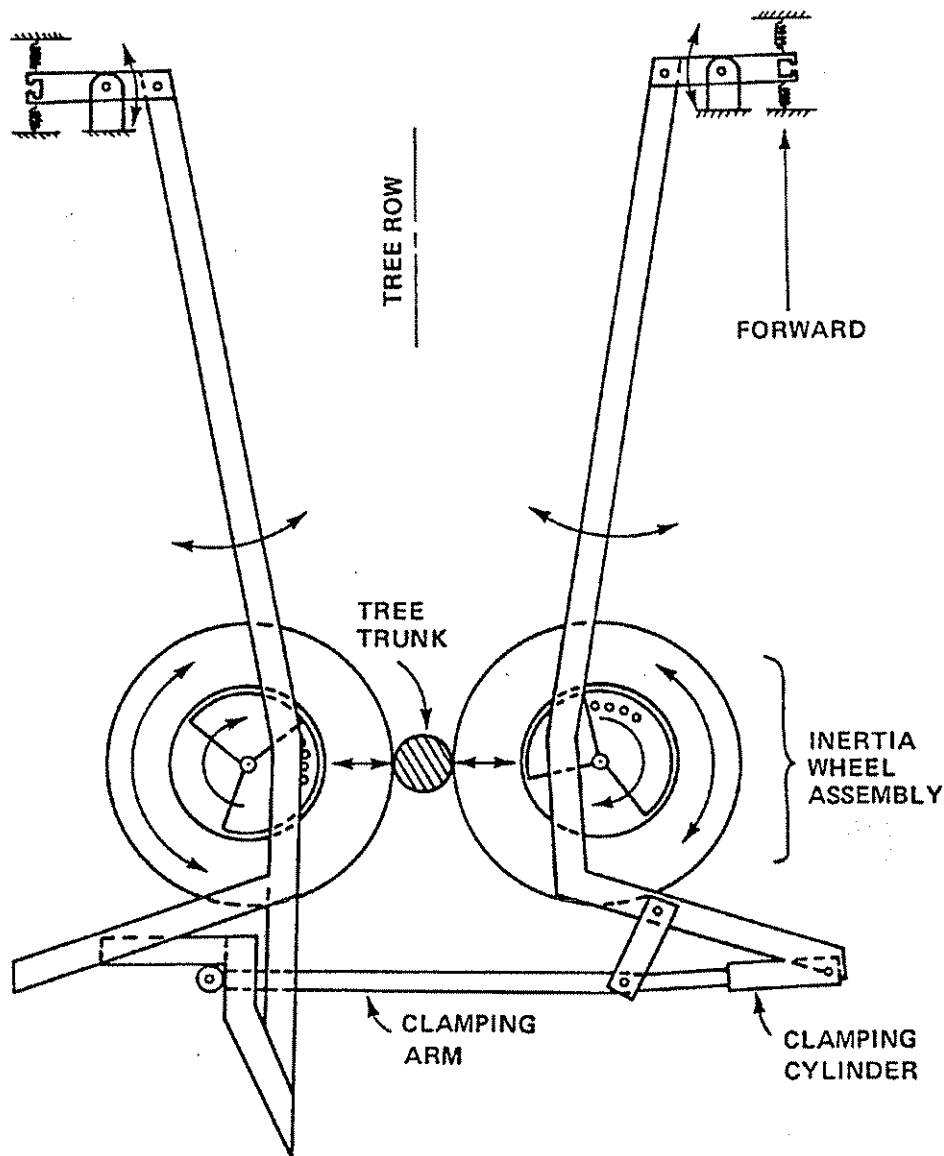


Bild 20. Skiss över skakanordning med obalanssskakare monterade i hjul som griper mot stammen (Tennes och Brown, 1981).

Den andra utrustning som provades kallade de för "sway-bar shaker". Den bestod av skenor som var ledade i främre fästet och som drevs av en vevmekanism (se bild 21). När trädet passerar genom skakzonen, får det först en skakning med liten amplitud som skakar loss de frukter som sitter löst, och får sedan stigande

amplitud allt eftersom det passerar bakåt. Vid försök med äpplen, lyckades man skörda 95 % av frukterna inom 2 s. Skakmetoden gav synliga skador på barken (Tennes & Brown, 1981)

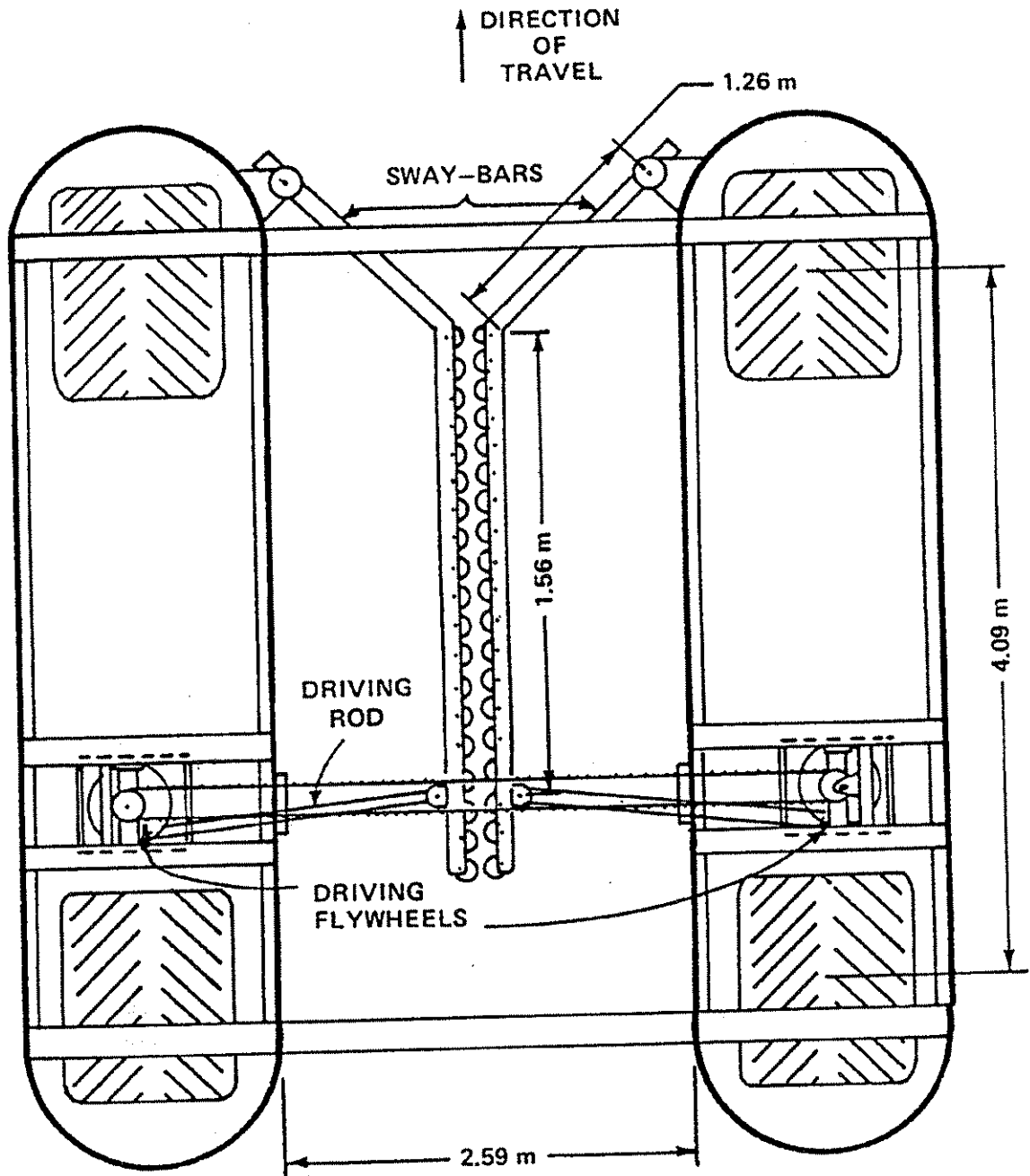


Bild 21. Skiss över skördemaskin med långa skenor som skakar stammen (Tennes och Brown, 1981).

van de Werken, (1981) provade en liknande utrustning. Två rörliga remmar grep runt stammen och hela anordningen skakades. Utrustningen fungerade men skakningen dämpades kraftigt, så metoden övergavs.

Även den utrustning som utvecklats av Chulak (1984) (se kap 4.3.4) innebär att stammen skakas utan att skakorganet griper om stammen.

4.4.2 Skakning av grenar

Grenskakare var den metod som först kom till användning. Oftast används vevskakare (se kap 4.3.1). De har den fördelen att de möjliggör uppbyggnad av långa, smala skakanordningar som sträcker sig in över uppfångningen. Grenskakare kräver att varje huvudgren greppas och ges en skakning. Kapaciteten kan vara relativt hög, 40-60 träd per h (Fridley, 1983).

Grenskakare är fördelaktiga när långslagig skakning behövs, som t.ex. skörd av träd med böjliga grenar, t.ex. oliver och citrus (Kepner et al, 1978).

Gamla träd med grenar som är mer än 20 cm i diameter är svåra att skaka och många frukter blir kvar (Markwardt et al, 1969).

4.4.3 Skakning av grenverket

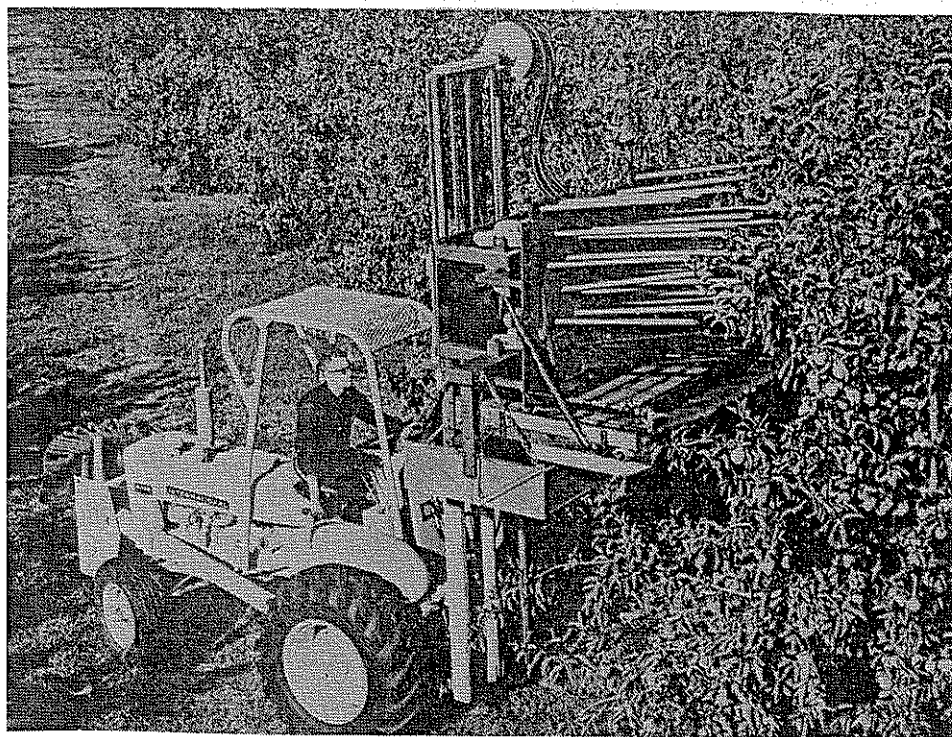


Bild 22. Försöksmaskin för skakning av äpplen med vibrerande stänger (Rehkugler et al, 1968).

Skakning av grenverket har ibland ansetts som en framkomlig väg när behovet av selektivitet är stort, t.ex. när man vill skörda stora apelsiner utan att de små faller av.

Vid Cornell University i New York State i USA provades flera olika utrustningar för skakning av grenverket. 1966 byggdes en utrustning med 90 cm långa stänger monterade vid en vibrerande panel (se bild 22). Utrustningen var monterad på en gaffeltruck. Tanken var att stängerna både skulle kunna skaka loss frukterna och samtidigt dämpa fallet. Olika avstånd mellan stängerna och olika styvhet hos dem provades. Man observerade att alla frukter som kunde nås av stängerna skördades. Man provade att vibrera med 230 cpm (3,8 Hz) och 75 mm slag, samt 155 cpm (2,6 Hz) och 150 mm slaglängd. Den lägre slaglängden gav färre skador på trädet. Ungefär 2000 äpplen undersöktes för skador och 42 % av dem var fria från skador eller hade skador mindre än 6 mm i diameter (Rehkugler et al, 1968).

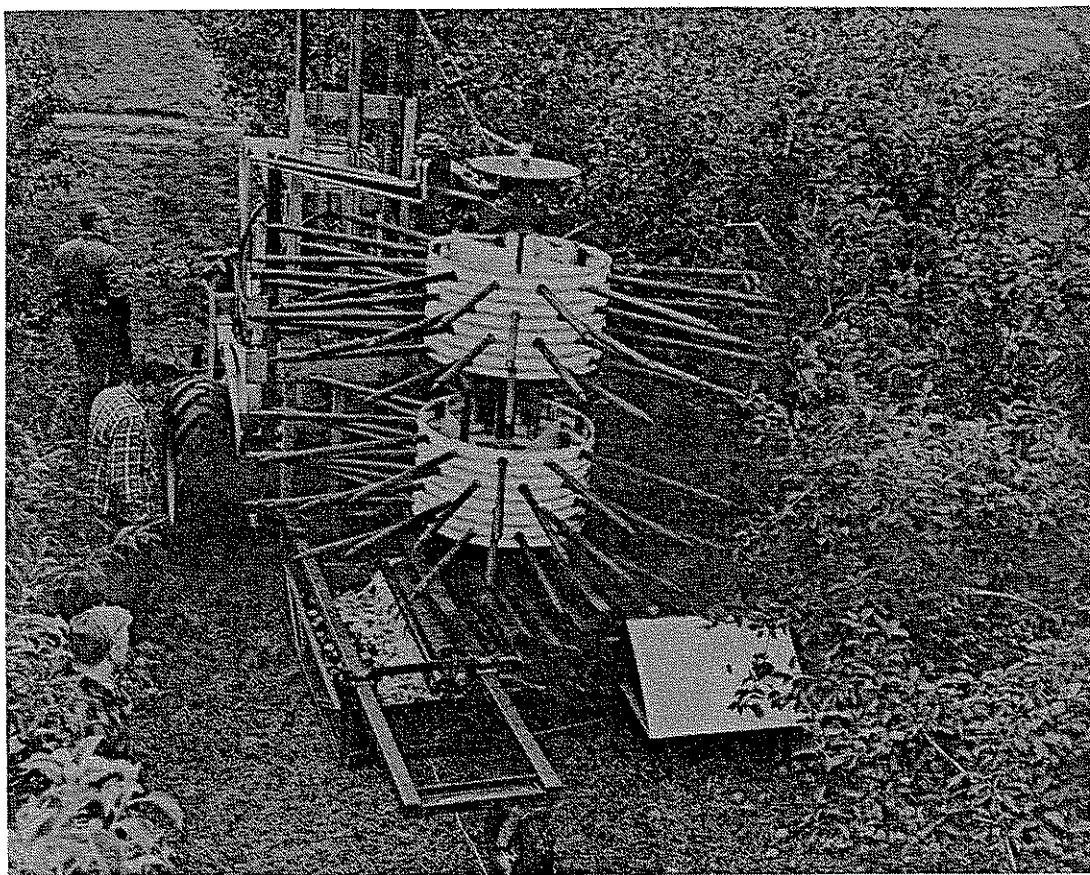
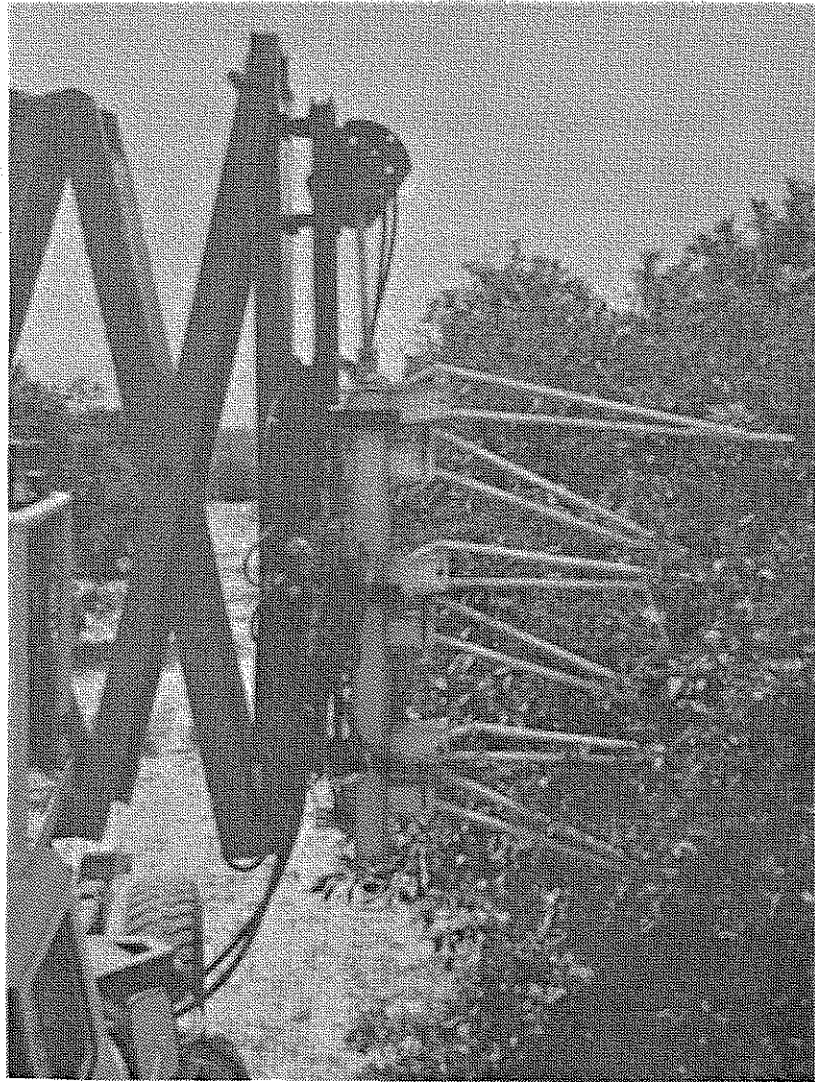


Bild 23. Försöksskördemaskin med vibrerande trumma (Rehkugler et al, 1968).

Samma forskare provade även skakning med vibrerande stänger på en trumma (se bild 23). Maskinen krävde häckodlade träd. 90 cm långa stänger var horisontellt monterade på trumman som drevs runt av kontakten med trädet. Hela trumman gavs en vertikal skakning av en vevmekanism inne i trumman. Slaglängder på 100 och 150 mm användes i försöken. Vid det längre slaget användes 175 slag per min (2,9 Hz) mot 220 (3,7 Hz) vid den kortare. Effektiviteten ansågs vara god där stängerna nådde in i trädet. Mellan 84 och 100 % av frukterna skördades. Mellan 20 och 75 % av äpplena var oskadade, vilket ansågs vara bättre än konventionell skörd med skakning (Rehkugler et al, 1968).

Allshouse och Morrow (1972) provade en liknande utrustning. Deras trumma var ca 1 m i diameter. Trumman gavs en vertikal skakning av en vevmekanism. Slaglängden var justerbar mellan 50 och 180 mm. Utrustningen provades vid skörd av uppbundna träd som visade sig vara svåra att skaka vertikalt, vilket innebar att många frukter slogs loss istället för att skakas loss. Vid 200 slag per min (3,3 Hz) och 150 mm slaglängd var skördeeffektiviteten ca 88 %. Mellan 48 och 56 % av äpplena var oskadade. Skakningen visade sig ge skador på knoppar mm.

Bild 24. Utrustning för skakning av grenverket (Sumner, 1973).



Året efter (1971) provades en ny utrustning. Den bestod av två vertikala stänger med 35 cm långa fingrar av fjäderstål. Stängerna drevs av en vevmekanism så att de rörde sig i en cirkel med 15 cm diameter. De fick både en rörelse upp-ner och in-ut. Rörelsen in-ut visade sig vara otillräcklig så man ändrade detta så att stängerna rörde sig 30 cm i den riktningen. Vid skörd av äppelsorten York skördades

mellan 89 och 99 % av frukterna. Mellan 46 och 70 % av frukterna var oskadade. I Golden Delicious var resultatet sämre med endast 20-30 % oskadade frukter (Alls-house och Morrow, 1972)

Sumner (1973) byggde en något annorlunda anordning för att skaka grenverket vid skörd av apelsiner. Han använde sig av en panel med stänger som sköts in bland grenarna (se bild 24). Panelen bestod av tre fasta och tre rörliga stänger. När panelen hade skjutits in i trädet klämdes stängerna ihop så att grenarna hölls fast. Man provade två olika drivanordningar för skakningen, en hydraulcylinder och en vevmekanism. Vevmekanismen visade sig ha en mjukare gång. Grenverket skakades vertikalt i alla försök. Mängden mogna frukter som skördades var proportionell mot frekvens och amplitud. Man ansåg sig få bäst selektivitet mellan moget och omoget vid en slaglängd på 150 mm.

4.4.4 Skakning av uppbindningstråd

Det har även provats andra överföringsmetoder än de ovan nämnda. Ett sätt som har använts där man har uppbundna träd är att skaka uppbindningstrådarna. Denna metod har använts vid maskinskördeförsök i Lincoln Canopy (se kap 2.3) och Tatura Trellis (se kap 2.4). I de fallen har man använt slag mot den fruktbärande zonen och då är det en kombination av att överföra skakning genom kontakt med grenar och med trådar.

Dunn och Stolp (1974) provade i början av utvecklingsarbetet med Lincoln Canopy att skörda genom att för hand greppa uppbindningstrådarna och skaka. På 5 s lyckades man skörda ett helt träd vilket kunde innebära upp till 250 frukter. Vid analys av film visade det sig att frukten föll rakt ner. Äpplen fångades upp på en presenning, spänd över halmbalar. Efter 16 dagar undersöktes frukten. Mindre än 3 % visade skador.

Nackdelen med denna metod är att den är mycket tröttande (Dunn, pers. medd. 1989). Dessutom skördar man båda sidor av trädet, vilket kräver att man har uppfångning på båda sidor.

Diener et al (1965) provade att skaka svagväxande träd uppbundna till två trådar genom att skaka trådarna. Försöket gick i första hand ut på att prova effekten av skakning. Man undersökte fruktens respons på skakningen och observerade flera olika rörelseformer hos frukten (se kap 4.1).

4.4.5 Olika metoder att fästa skakorganet vid trädet

Skakorganet fästs i allmänhet vid trädet genom att en hydraulmanövrerad klämma griper runt stammen eller grenen. Klämmans utformning har stor betydelse för skador på trädet, och på senare år har relativt många försök att minska skadorna genomförts, i första hand på körsbärsträd (se kap 8.1.1).

Tsonev och Belyakov (1984) anger att det finns tre olika typer av fästeanordningar, som de kallar:

- * Press med en fast och en rörlig arm.
- * Klämma med två rörliga armar.
- * Triangel med två rörliga armar.

Vid skakning med vevskakare, som endast skakar i en riktning, är det vanligt att klämman består av två armar, vinkelrätt mot skakriktningen, varav den ena är rörlig (se bild 25).

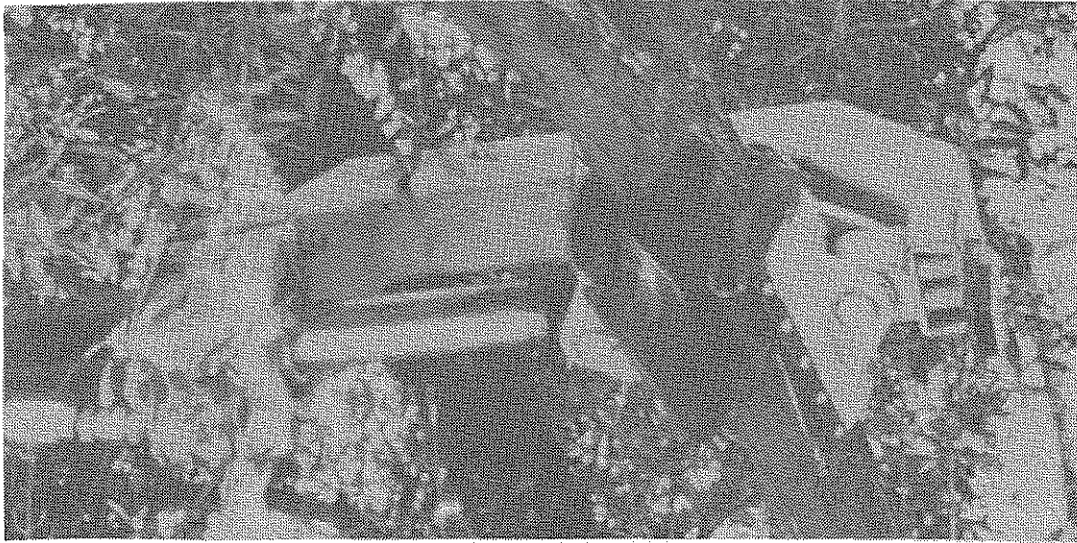


Bild 25. Fästordning typ "C-clamp" på grenskakare (Fridley, 1983).

Vid skakning med motroterande obalansvikter genereras ofta skakimpulser i alla riktningar (se kap. 4.3.1). Det är vanligt på denna typ av skakare att klämman består av två rörliga armar, parallella med skakarens fästarm (se bild 27). Det är vid denna typ av fästordning viss risk att skakimpulser i tangentiell riktning ger skjuvkrafter som orsakar barkskador. Man har försökt motverka detta i vissa fall genom att i stället använda sig av tre armar på klämman (se bild 26).

Materialet på fästorganet är av stor betydelse för att minimera skadorna. Frahm et al (1983) utförde studier av olika material och utformning på dynan på fästorganen. De skriver att dynans funktion är att överföra vibrationer till trädet, och att distribuera skak- och fasthållningskrafterna över en stor yta för att minimera skadorna. Dynan måste kunna forma sig efter trädet och samtidigt vara tillräckligt styv för att överföra skakning i olika riktningar.

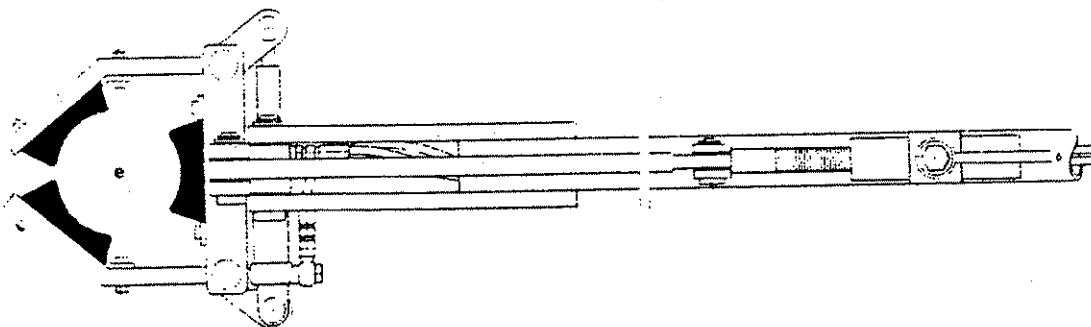


Bild 26. Fästorgan med tre armar (Zocca, 1976).

Fästdynan tillverkas ofta av en gummitub fylld med malda valnötsskal eller sand (se bild 27). Vanligt är även tjocka, hårda gummidynor av olika utförande (Kirk & Booster, 1979).

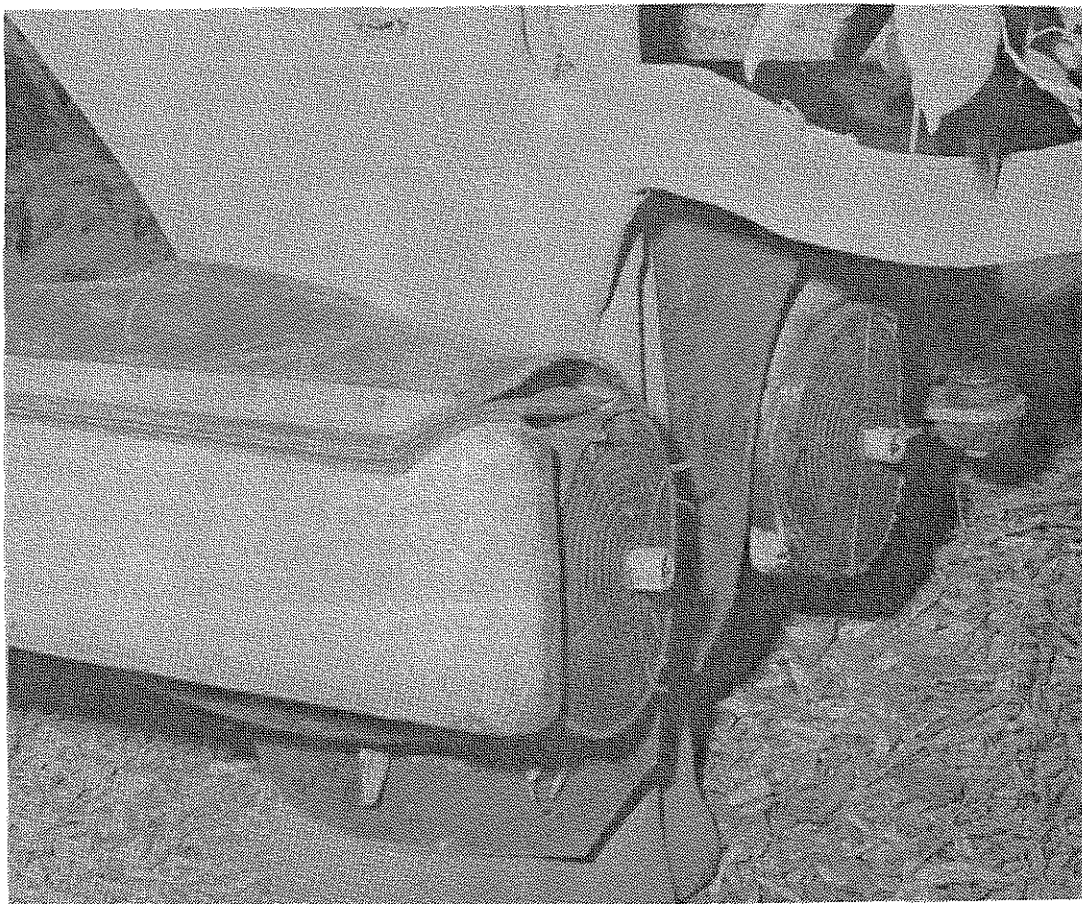


Bild 27. Fästianordning på stamskakare med två gummituber fyllda med malda valnötsskal eller sand (Fridley, 1983).

Vid försök konstaterades att barkskador ofta uppstod vid skakning med tubformade dynor. De tubformade dynorna gav högt tryck i punkter ovanför och under centrum av kontaktytan vid rekommenderat fasthållningstryck. Vid lägre fasthållningstryck blir dynorna för mjuka för att kunna hålla fast stammen ordentligt (Brown et al, 1987).

Kommersiellt tillverkade dynor är ofta gjutna av neoprengummi. Dynan hålls fast vid skakorganet med hjälp av en 9 mm neoprengummirem. Ytterligare en rem av samma typ är fäst över dynan och utgör kontaktytan mot trädet. Mellan de två appliceras ofta något smörjmedel för att minimera att skjuvkrafter överförs till barken (Brown et al, 1987). Denna typ av dyna gav lägre tryckkrafter på stammen.

Samma forskare utformade en ny typ av dyna, med vertikala hål, som medgav låga tryckkrafter (se bild 28). Denna dyna motverkade skador på stammen (Brown et al, 1987).

Timm et al (1988) provade olika kombinationer av smörjmedel och gummiremmar på fästdynan. De kom fram till att nitril-gummi remmar i kombination med silikon smörjmedel gav den bästa effekten och livslängden.

5 DIREKTA SKÖRDEMETER

De direkta skördemetoderna kännetecknas av att frukten skördas genom att den påverkas mekaniskt av skördeorganet. Metoder där man försöker repa eller kamma loss äpplen är exempel på direktskördemetoder. En av svårigheterna med direktskördemetoder är att det krävs speciella trädformer för att man skall kunna nå varje frukt. I ett normalt träd är det i stort sett omöjligt att komma åt många av frukterna.

5.1 Skörd genom repning

En av de skördemetoder som har provats är repning eller kamning. Skördemetoden arbetar efter samma principer som lingonskörd med handrepor. Grenarna kammats igenom med fingrar, där avståndet mellan fingrarna måste vara mindre än diametern på den minsta frukt man avser att skörda.

5.1.1 NIAE:s hamster.

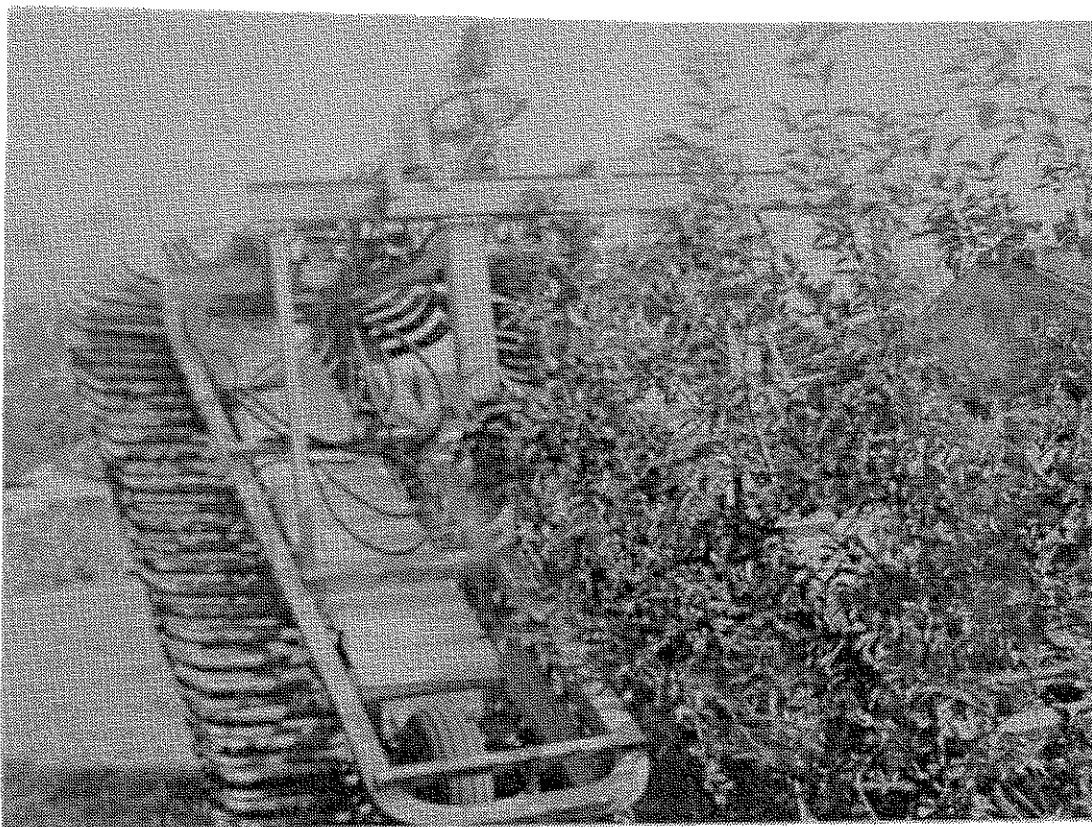


Bild 29. NIAE:s Hamster. Fingrarna repade rakt upp genom trädet (Cargill & Kirk, 1983).

Vid Long Ashton försöksstation i England utarbetade man bl.a. ett odlingssystem med odling i en smal häck; höjd ca 2 m och bredd ca 1,5 m. För skörd i detta odlingssystem utvecklade NIAE en repande skördemaskinprototyp som man kallade för "Hamstern". Maskinen var en grenslände skördemaskin som repade båda sidor samtidigt. De repande fingrarna var monterade på kedjor monterade i 30 graders lutning. Hastigheten på kedjorna var synkroniserad med körhastigheten så att fingrarna repade rakt uppåt genom trädet.

Vid inledande försök fann man att det krävdes en uppåtriktad kraft på upp till 30 N i vissa sorter för att få dem att lossna. Vid försök med olika fingeravstånd visade det sig att man inte ökade effektiviteten när avståndet understeg 60 mm. Det bästa resultatet uppnåddes i Cox Orange Pippin, där upp till 70 % av frukterna skördades med 10 % kvar i trädet och 20 % som markspill. Mindre än 17 % av frukterna hade skador större än 1 cm² (Le Flufy, 1982b).

5.1.2 Skörd med flexibla krokar.

En annan skördemaskin som använde repande fingrar utvecklades vid University of California i Davis, USA. Man provade där selektiv skörd av apelsiner. Målet var att endast frukter över en viss storlek skulle skördas.

Skördeorganen bestod av flexibla fingrar monterade inne i dubbla rör. När rören sköts in i trädet var fingrarna gömda inne i rören. När rören drogs tillbaka var fingrarna utskjutna. Fingrarna var tillverkade av fjäderstål och hade valts så att en omogen apelsin gled över fingrarna medan en mogen drogs loss. Resultaten visade att apelsiner kunde skördas selektivt och med små skador (Chen, 1973).

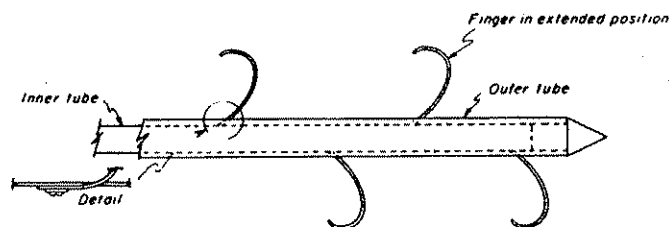
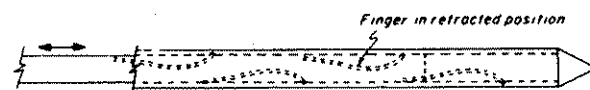


Bild 30. Skiss över plockorgan med flexibla fingrar (Chen, 1973).

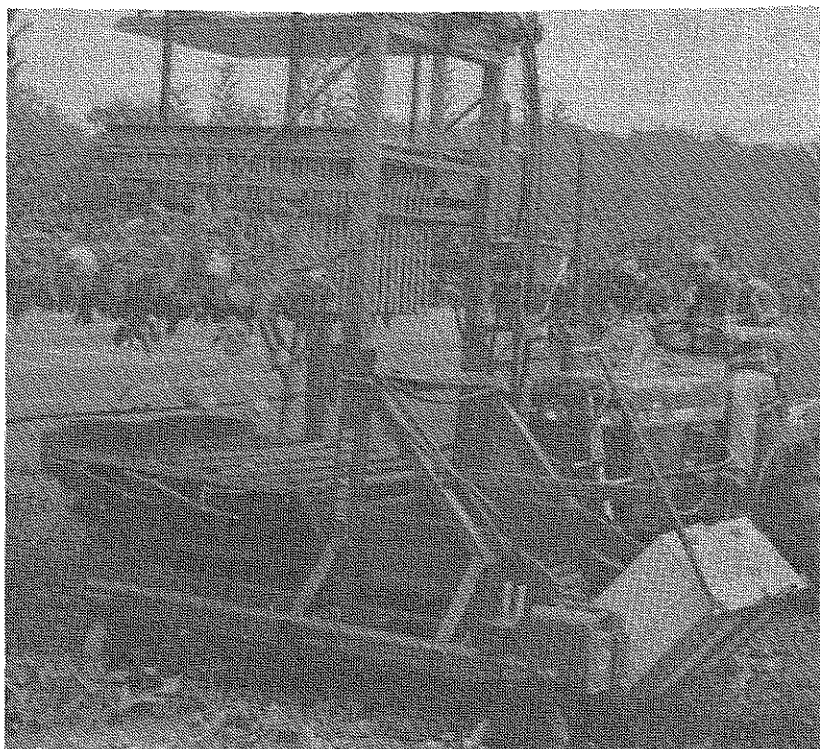


Vid försök med en maskin bestående av 35 st 120 cm långa plockarmar med 10 flexibla krokar på varje arm, skördades ca 90 % av de mogna frukterna. I allmänhet hade mindre än 10 % av frukterna allvarliga skador. Ett stort problem var svårigheten att penetrera trädet. Många av armarna kunde inte föras in i det täta grenverket (Chen et al, 1982).

5.2 Skörd genom att pressa loss frukt.

Don Peterson i USA har under några år arbetat med en skördemaskin som pressar loss frukt från träd odlade enligt Lincoln Canopy System (se kap 2.3). Dessa träd har den egenskapen att de har alla frukter i ett smalt horisontellt skikt.

Bild 31. Skördemaskin för äpplen odlade enligt Lincoln Canopy System. Maskinen trycker loss äpplena med aluminiumstavar (Peterson & Kornecki, 1987).



Maskinen består av ett antal 13,7 mm aluminiumstavar monterade med 50 mm avstånd mellan centrum. En panel med ett flertal stavar pressas uppifrån ner genom trädet. Om staven träffar en gren eller något annat föremål utlöses en spärrmekanism och staven stannar. Utlösningskraften är 34 ± 5 N. Ett äpple som kommer i kontakt med stavarna pressas loss. I medel skördades ca 93 % av frukterna och mellan 86 och 93 % av frukterna klassades i de högsta klasserna (Peterson & Kornecki, 1987).

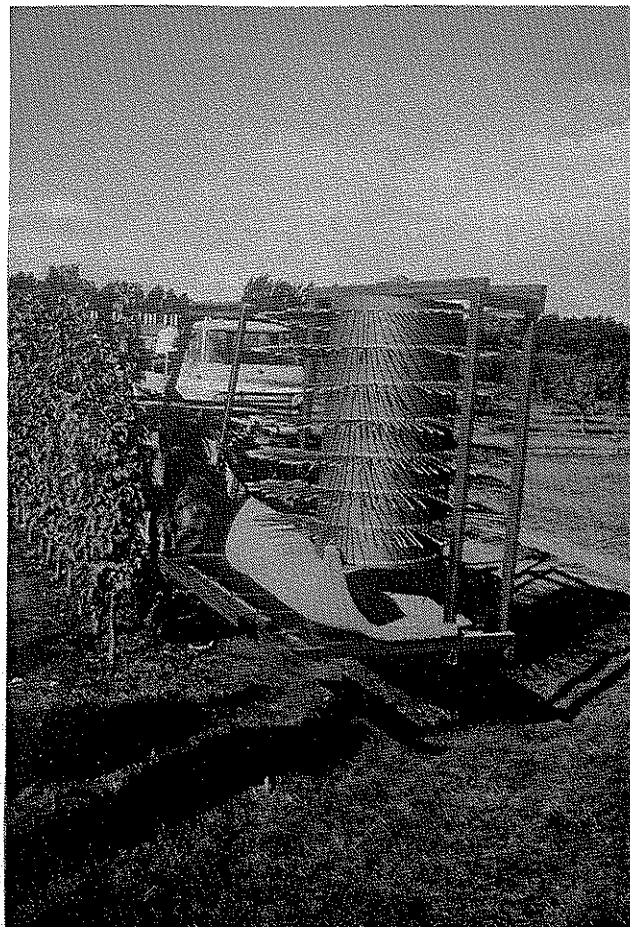
Enligt Don Peterson (pers. medd., 1988) är det lätt att sortera frukterna. Antingen är de oskadade eller har de allvarliga skador. De skadade frukterna har legat ovanför en gren eller en tråd.

5.3 Skörd genom att rotera frukt.

I Danmark arbetar Bent Bennedsen med en skördeprototyp som avser att skörda färskmarknadsäpplen. Maskinen bygger på idén att efterlikna handplockning, där man ofta plockar genom att vrida loss äpplena. Maskinen har ett stort antal plaststavar monterade vid en trumma (se bild 32). En mjuk silikon slang har monterats på varje plaststav. När trumman roterar påverkar plaststaven äpplet och försöker vrida det. Ett skördemoget äpple faller efter att ha vridits 2-3 gånger (Bennedsen, 1984a).

Maskinen hade problem att skörda äpplen som sitter tätt tillsammans p g a för mjuka stänger. På mogna frukter kunde inga stötskador konstateras (Bennedsen, 1984b). Maskinen är beroende av att äpplena sitter i ett smalt band för att den skall fungera. Detta kräver naturligtvis speciella trädformer.

Bild 32.
Försöksskördemaskin
med flexibla fingrar som
roterar frukten.



5.4 Skörd med skruvformade plockorgan.

Flera försök har gjorts att skörda frukter med spiralformade plockorgan. Främst har detta provats i apelsiner där man ofta är tvungen att skörda de stora frukterna selektivt (se kap 3.3). Skruvarna är tänkta att dra loss frukterna och de måste tillverkas av ett mjukt material så att de inte orsakar skador.

Coppock (1969) refererar till ett par försök där man har använt skruvformade spindlar. Han rapporterar att man var endast delvis framgångsrik eftersom man fortfarande plockade en stor andel omogna frukter.

Lenker (1970) provade flera olika utförande på de skruvformade stängerna som göts i polyuretan (se bild 33). Han kom bl.a. fram till att såväl hårda som mjuka material kunde plocka frukterna lika bra samt att utformningen på skruvarna hade liten betydelse för resultatet. Som bäst kunde man plocka 65 % av frukterna med denna skördeprincip, mycket beroende på trädformen.



Bild 33. Försöksskördemaskin med roterande, skruvformade plockorgan som drar loss frukten (Cargill & Kirk, 1983).

5.5 Robotplockning

Skörd av frukter med robotar intresserar flera forskare. Fördelarna ligger främst i flexibiliteten och selektiviteten. En robot kan skörda i flera olika trädformer och den kan plocka enbart mogen frukt. Nackdelarna ligger främst i långsamheten. En robotarm kan endast plocka en frukt i taget. Ett robotskördesystem består av två viktiga huvuddelar, ett detektionssystem som skall lokalisera frukten och en eller flera plockningsarmar.

En av de stora svårigheterna med robotskörd är att kapaciteten troligen aldrig kan bli särskilt hög eftersom maskinen plockar en frukt i taget. Jämför man det med skakning, där ett helt träd kan skördas på mindre än 10 sekunder, blir plockprestationen mycket låg hos en robot. Ett annat problem är att få plockarmen att nå dolda frukter mm.

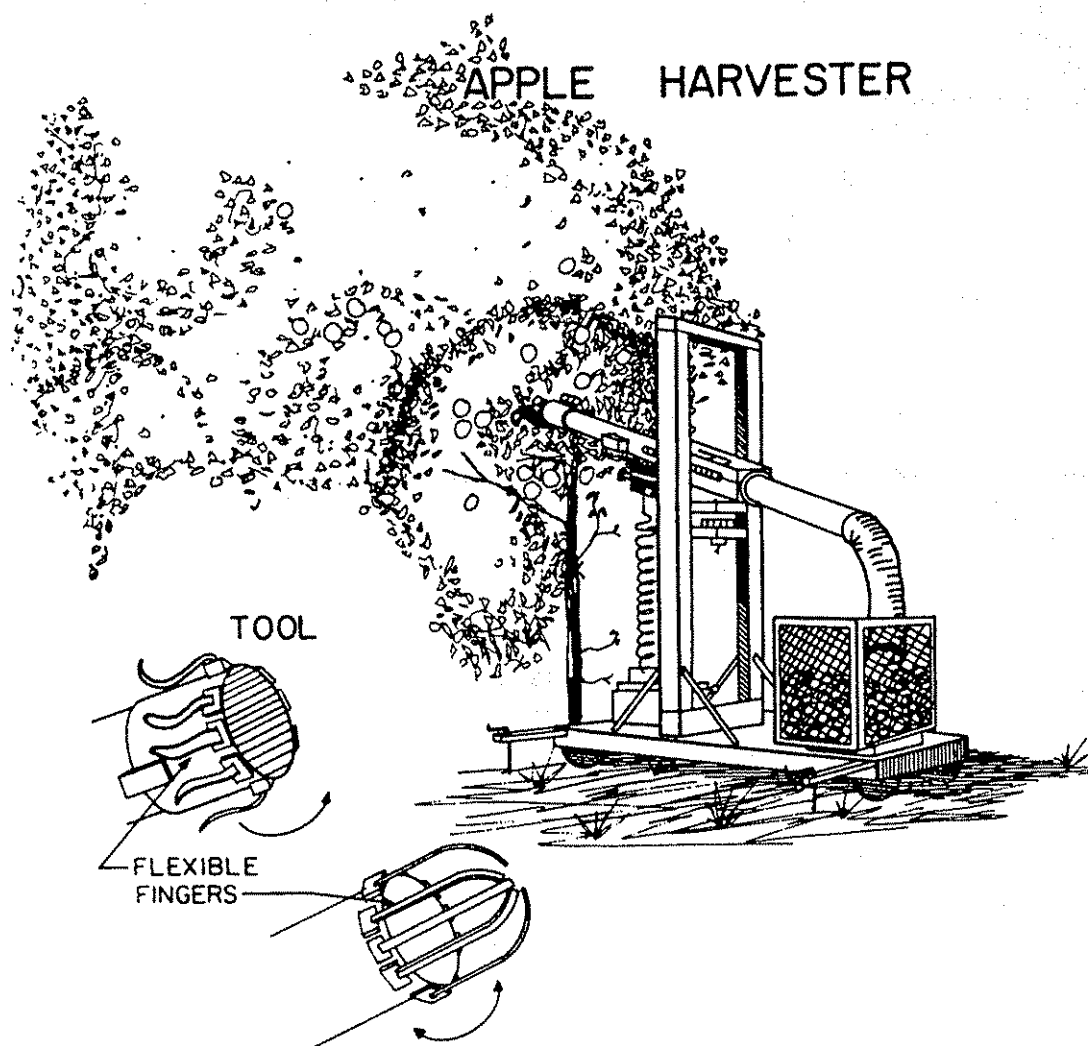


Bild 34. Skiss över fruktskörderobot (Grand d'Esnon, 1984).

5.5.1 Detektionssystem för robotskörd.

Att lokalisera frukterna i trädet för att kunna styra en robotarm till att plocka frukterna på ett effektivt sätt, är en av de viktigaste delarna av robotskördesystemet. Man har arbetat med både två- och tredimensionella system. Vanligt är att arbeta med en TV-kamera och bildbehandling. För att kunna skilja t.ex. ett äpple från blad och grenar kan man arbeta med spektralanalys och söka efter färg eller kan man söka efter en viss form.

5.5.1.1 Tvådimensionella detektionssystem.

Ett tvådimensionellt system är tillräckligt för att kunna plocka frukt. Robotarmen måste då röra sig linjärt från kameran mot målet. Avståndet till frukten är inte känt förrän armen når målet, då någon sensor talar om att den är framme.

En av de robotar som arbetar med ett tvådimensionellt system är den franska roboten "Magali" som är under utveckling vid Cemagref i Montpellier. Detektions-systemet söker efter färg och noterar positionen i trädets. Bäst resultat har man fått vid en kombination av grön och infraröd bild. Man anser att man måste förbättra resultatet i soligt väder (Rabatel, 1988).

Ett problem med den franska "Magali"-roboten är plockningsarmens hastighet. Armen måste röra sig relativt snabbt för att få en rimlig plockprestation. Plockarmen vet inte avståndet till äpplet, och när den närmar sig och träffar äpplet riskerar den att skaka loss frukter i närheten. Ett annat problem är att roboten kan inte finna den snabbaste vägen mellan två frukter, eftersom den inte vet på vilket avstånd de befinner sig.

5.5.1.2 Tredimensionella detektionssystem.

De tredimensionella detektionssystemen skapar möjligheter att optimera robotarmens rörelseväg. Eftersom den vet den exakta positionen av varje frukt, kan armen röra sig snabbare fram mot målet utan att riskera att skaka loss frukten när den träffar målet. Den kan dessutom röra sig kortaste vägen mellan två frukter.

I Israel har Edan et al (1988) arbetat med en teoretisk studie av optimering av rörelsemönstret hos en citrusplockningsrobot. De skrev ett dataprogram som, efter att frukterna hade lokaliserats i trädets, beräknade det snabbaste sättet att röra sig mellan alla frukter. Med 250 frukter per träd, tar det ca 90 sekunder för datorn att beräkna snabbaste vägen, vilket visar på komplexiteten i problemet.

5.5.2 Plockningsarmar.

Olika typer av plockningsarmar har provats, t.ex. enkla teleskopiska armar och armar med flera leder. Behovet av komplexitet hänger samman med trädets form och om frukterna hänger lätt åtkomliga eller ofta dolda bakom grenar och liknande.

En viktig detalj är själva plockorganet. Olika manipulatorer har provats t ex roterande knivar som skär loss frukten och flexibla fingrar som drar loss dem (se bild 34). Magali roboten använder sig av en vakuum sugkopp som håller fast frukten (se bild 35) (Grand d'Esnon et al, 1987).

Det finns olika idéer om hur roboten skall arbeta. Några maskiner endast lossar frukten och låter transportband ta hand om resten, medan t.ex. Magali även flyttar frukten till ett band. Om roboten endast kan lossa och släppa frukterna ökar detta kapaciteten avsevärt främst i kombination med ett detektionssystem som beräknar det snabbaste rörelsemönstret.

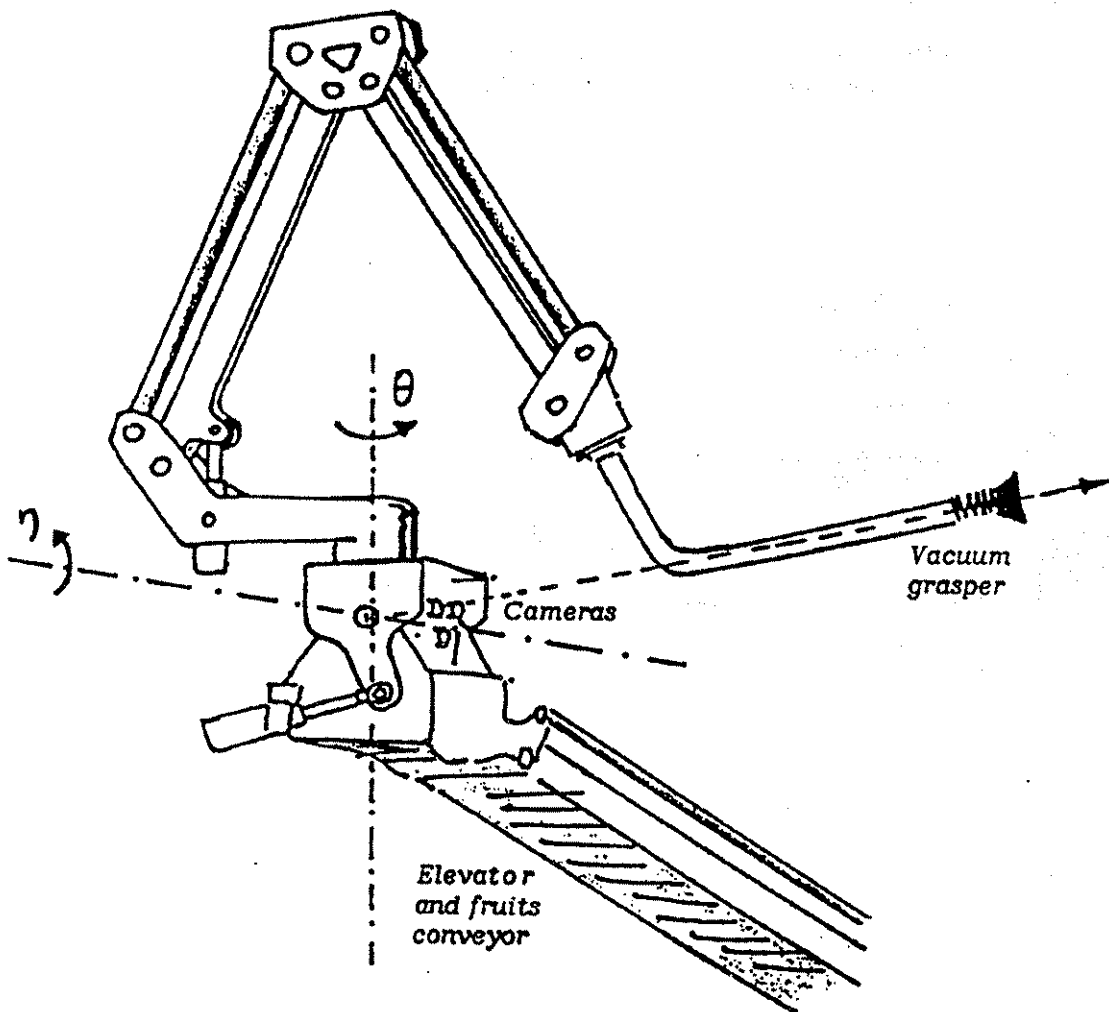


Bild 35. Skiss över plockarm på Magali roboten. Frukten dras loss med hjälp av en sugkopp under vakuum (Grand d'Esnon et al, 1987).

5.5.3 Kapacitet och effektivitet.

Det är lite svårt att bedöma kapacitet och effektivitet, eftersom det inte finns några robotar i praktisk drift. Magali roboten plockar endast hälften av frukterna under gynnsamma förhållanden och med ca en frukt var fjärde sekund (Grand d'Esnon et al, 1987).

I Florida utvecklas en robot för citrusskörd. Harrell (1987) har beräknat ekonomin i ett tänkt system med flera armar per maskin och fann att skördekostnaden skulle bli ca 50 % högre än handplockningskostnaden med dagens priser och löner. Robotarmarna kunde plocka en frukt på kortare tid än 1 s.

5.6 Andra direktskördemetoder.

Bent Bennedsen (1984b) beskriver i en rapport en annan typ av direktskördemas-
kin. Denna kommer från en patentansökan. Den består av en spiralformad platta
med avsmalnande hål (se bild 36). Frukten skall falla in i hålet där det är störst
och blir hängande under plattan när hålet smalnar av varefter frukten dras loss.

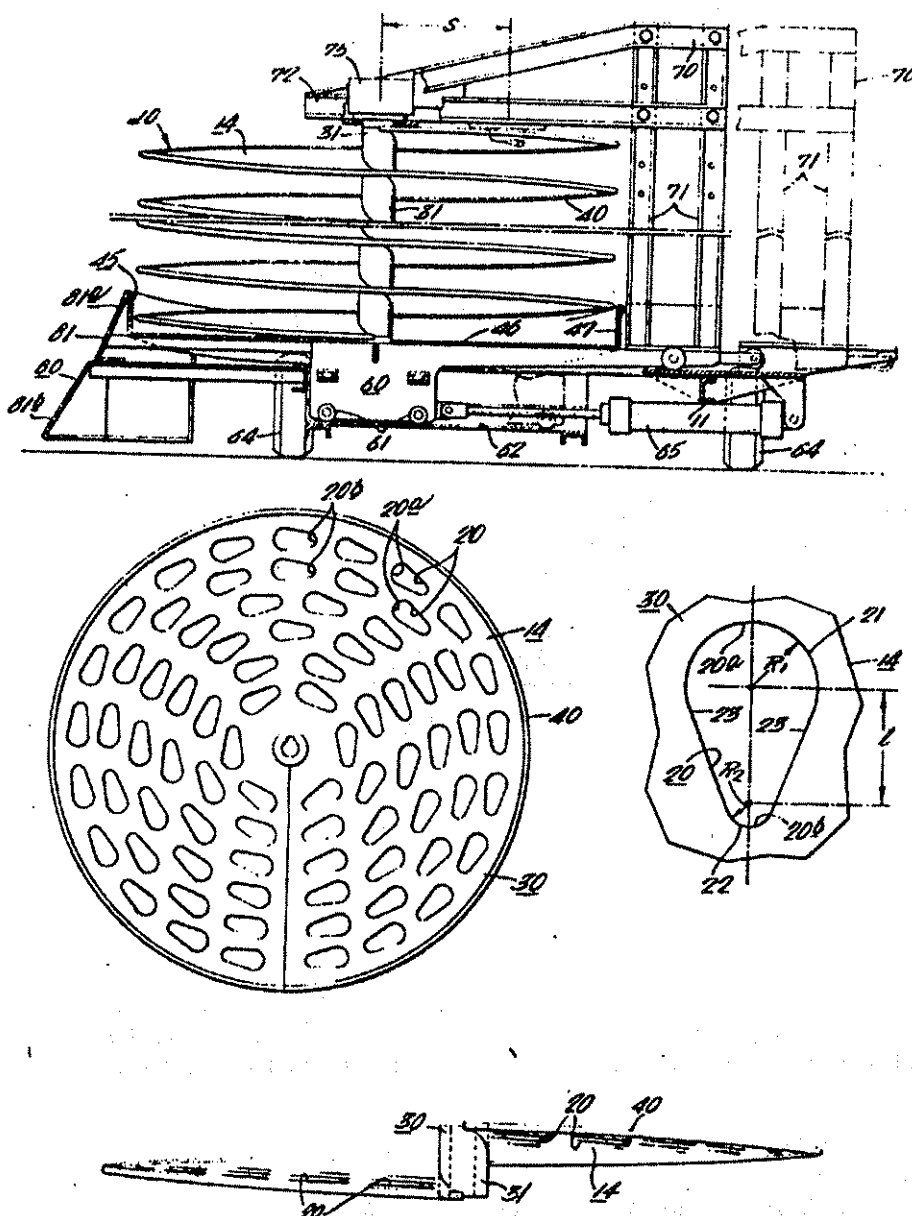


Bild 36. Skiss över skördemaskin med spiralformade plattor. Frukten var tänkt att falla ner genom de avsmalnande hålen och dras loss av rotationen (Bennedsen, 1984b).

En annan direktskörden metod har redovisats av McBirney (1966). Han beskrev en vakuumskörden metod som bestod av ett membran med ca 5 cm öppning i änden av en gummislang kopplad till en vakuumpump. En person stod på marken och förde munstycket mot en frukt som då sögs genom öppningen. Plockning med detta plockningshjälpmedel gick långsammare än handplockning och var trötande att använda.

5.6.1 Skörd genom att fylla trädet med plastkolor.

Ett av de mest fantasifulla försöken att skörda frukt har rapporterats från Israel. Idéen har troligen uppkommit vid försöken med "space-filling" (se kap 9.3). Skörden skulle ske genom att trädet inneslöts med en behållare och hela utrymmet fylldes med skumplastgranuler. Materialet skulle sättas under tryck och hela behållaren fördes nedåt. Skumplastkulorna överförde då en dragkraft till frukterna och dessa lossnade förhoppningsvis. I nästa steg skulle frukt och plastkolor separeras (Shochat & Manor, 1981). Det är inte känt om några försök har genomförts i praktisk skala.

6 UPPFÅNGNING

Uppfångningen är en del av en komplett skördemaskin, främst vid indirekta skördemetoder som skakning. Uppfångningssystemet har till uppgift att fånga upp frukterna och att transportera dem till lådor eller liknande. Detta bör ske utan att frukterna skadas och förlorar i kvalitet.

Uppfångningssystemet är troligen den del av maskinen som kan orsaka de största skadorna på frukten om den är olämpligt utformad. Samtidigt visar erfarenheten att skador kan inte helt undvikas genom förändringar i uppfångningsmaterial mm, eftersom många skador uppstår vid loss-skakningen.

6.1 Olika uppfångningsmaterial.

Det material som används på uppfångningsutrustningen har stor betydelse för skador på frukterna. Vid skörd av tåligare processfrukt t.ex. körsbär, är materialets tålighet vid hantering viktigt, medan vid skörd av känsliga frukter skonsamheten är av avgörande betydelse. Jag skall i detta kapitel sammanställa en del av den information som finns om olika material använda i försök och på skördemaskiner främst vid skörd av känslig frukt.

Vanliga material är tyg, presenning eller dämpmaterial på plywood- eller wirebotten. Dämpmaterialet är ofta täckt med vinyl eller tunn (0,4 mm) neoprengummiduk. Falltest har visat att ståltrådsnät täckt med skumplast ger mindre återstuds än täckt plywood (Diener & Fridley, 1983).

Dämpmaterialen kan delas in i två klasser, öppen cell och sluten cell. Enligt Diener och Fridley (1983) är dämpmaterial med slutna celler för hårda och endast de mjukaste materialen är lämpliga för fruktoppfångning. De är för hårda för att användas direkt under trädet men är lämpliga för transportörer och liknande. Material med öppna celler som polyuretan eller polyeter skall vara minst 38 - 50 mm tjocka vid användning som uppfångningsmaterial.

I Danmark har Bent Bennedsen (1986b) undersökt olika skumplastmaterial som dämpande material på uppfångningen. Han kom fram till att en skumplast fabrikerad av Metzeler och med beteckningen 2525190 var lämplig. Denna typ av skumplast har dock den nackdelen att den absorberar vatten och måste skyddas mot regn mm (Bennedsen, pers. medd., 1988). Ca 50 mm tjocklek är lämpligt att använda i detta material (Bennedsen, 1982).

I Australien använde Gould et al (1986) både skumplast täckt med ett skyddande vinylager och glasfiberförstärkt tyg täckt med neoprengummi. Båda materialen utgjorde ett energiabsorberande medium som minimerade skador.

Vid skörd av citrus i Florida fann Coppock (1974) att 25 mm tjock polyuretan-skum täckt med nylonväv var ett lämpligt material.

I Kanada genomförde Bilanski och Menzies (1984) ett försök med maskinell skörd av persikor. De använde solid skumplast, kompositiskumplast 37 mm tjock, kompositiskumplast 76 mm tjock och en typ av luftmadrass. Resultaten visade att luftmadrassen reducerade retardationskrafterna till en femtedel av vad som uppmättes i den kommersiella, 37 mm tjocka kompositiskumplasten. Luftmadrassen ansågs vara det skonsammaste uppfångningsmaterialet.

Don Peterson et al (1985) kom vid laboratorieförsök fram till att 50 mm tjock flexibel polyuretan klistrad på "neoprene-on-nylon" var ett material som kunde absorbera energin från fallande frukter.

Vid försök i Sverige konstaterade Erich Goldschmidt-Reischel (1981) att en tunn luftkuddefolie dämpade skadorna lika mycket som 10 cm tjockt skumgummi.

6.1.1 Uppbromsningsutrustning

En stor del av skadorna på frukt vid maskinskörd uppstår vid uppfångningen, särskilt om frukter faller på varandra. Många maskiner använder därför någon form av uppbromsningsutrustning. Detta är framförallt viktigt på maskiner med horisontella uppfångningsytor. Maskiner med sluttande uppfångningsplan har ibland använt lutande uppbromsningsplan för att bromsa upp fallande frukter. I praktiken har detta visat sig vara överflödigt eftersom fall direkt mot andra frukter är ett mindre problem i detta fall (Diener & Fridley, 1983).

En vanlig metod är att plastremсор spänns över uppfångningen så att fallande frukter bromsas upp och filtreras igenom. Markwardt et al (1969) rapporterade att mängden skadade frukter minskade med 60 % när äpplen föll genom uppbromsningsremсор.

En vanlig typ av uppbromsningsutrustning är 75 mm breda nylonremсор place-rade med 57 mm avstånd mellan remсорna och med tvärband var 60:e cm (LaBelle et al, 1965). Remсорna monteras i två eller tre lager.

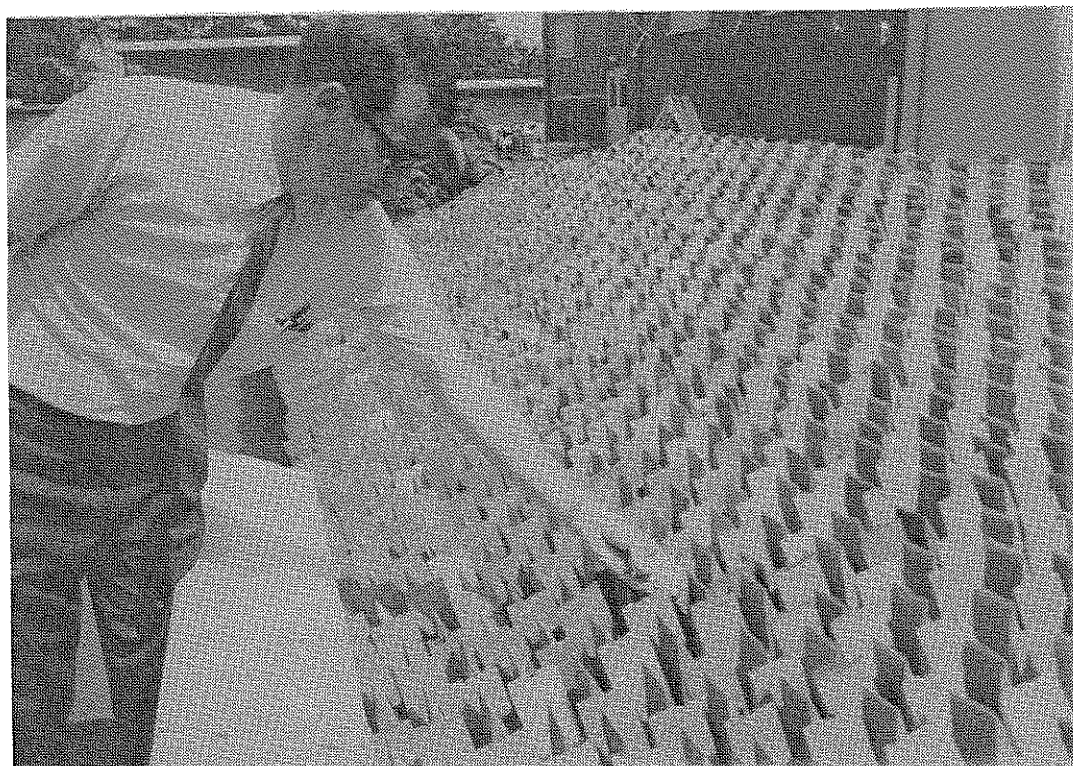


Bild 37. Uppfångningsyta bestående av skumplastelement (Diener & Fridley, 1983).

Markwardt et al (1968) provade effekten av olika avstånd mellan remsorna. 75 mm breda remsor användes i alla försök. Äpplen släpptes från 2,4 m höjd. Resultaten visade att tre lager med remsor var mer effektivt att minska skador än två lager oavsett avståndet mellan de olika lagren. Det bästa horisontella avståndet mellan remsorna ansågs vara mellan 48 och 70 mm.

Berlage och Langmo (1979) använde sig av två lager med skumgummislingar. Denna utrustning var monterad på ena halvan av maskinen och jämfördes med den andra halvan där äpplen fångades upp på vinylklädd skumgummi innan de rullade ner på transportbanden. På den halvan som hade uppbromsnings-slingar bortsorterades mellan 6,6 och 10,2 % färre frukter. De flesta skadorna på den oskyddade halvan uppstod troligen när stora mängder frukt skakades loss och frukterna föll direkt på varandra.

Enligt Kepner et al (1978) ger neoprenrör med 60 mm ytterdiameter och med 190 mm avstånd (cc) i tre lager ett gott skydd vid skörd av persikor.

Peterson och Kornecki (1987) använde två lager med nylonrep som hade klätts med "celloflex" rörisolering. Isoleringsmaterialet hade en innerdiameter av 11 mm och en yttre diameter av 49 mm. Det övre lagret var 100 mm ovanför det undre och avståndet mellan repen var 165 mm.

Andra material som har använts är rör av "gummi-tyg" som fyllts med expanderad polyuretan (Diener & Fridley, 1983).

Clark (1971) byggde en uppfångningsutrustning där transportbanden bestod av polyuretan skumplastfickor (se bild 37). Man använde sig av en kombination av skumplastblock som bildade fickor där frukter bromsades upp och transporterades bort. Inga mätbara skador noterades vid försök med persikor.

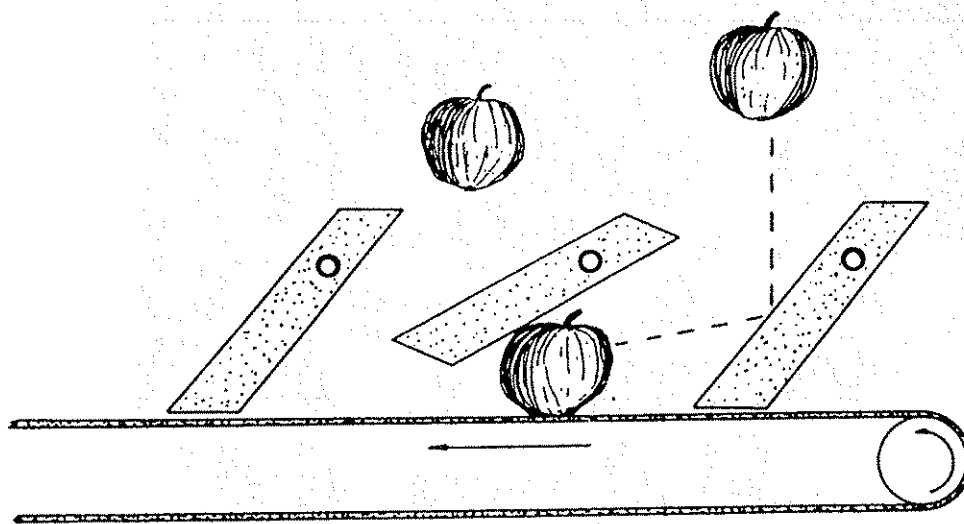


Bild 38. Uppbromsningssystem med 50 mm tjocka skumplastremсор (Bennedsen, 1986b).

I Danmark byggdes en äppelskördemaskin av Bågö Maskinfabrik som hade en annorlunda typ av uppbromsningsutrustning. Breda skumplastremсор var spända över ett transportband. Den största fördelen med denna utrustning var att den skyddade äpplen på transportbandet mot fallande frukter. I praktiken visade sig denna utrustning inte vara speciellt effektiv, troligen beroende på att skumplastremсорna var för tunna (endast ca 10 mm) (Bennedsen, 1986b).

Institutet för Frugt og Baer i Danmark byggde om uppbromsningsutrustningen så att skumplastremсорna ersattes med 50 mm tjocka skumplastplattor (se bild 38). Utrustningen visade sig inte minska skadorna. Troligen beror detta på att äpplen "studsar" mot skumplasten och fortsatte med oförminskad hastighet mot äpplen redan på bandet (Bennedsen, 1986b).

Bent Bennedsen i Danmark har byggt en av de mer avancerade uppbromsningsutrustningarna. Han har provat olika utformning på aktiva skumplastelement (Bennedsen, 1986b). Han har två system som han kallar "X" och "L". System "X" består av ett transportband av skumplastklossar. Klossarna har placerats så att det bildas fickor i bandet (se bild 39). Ovanför transportbandet hänger "X"-formade skumplastelement som kan vridas runt sin axel. Ett äpple slussas ner genom skumplastelementen och hamnar på transportbandet där det skyddas under elementen.

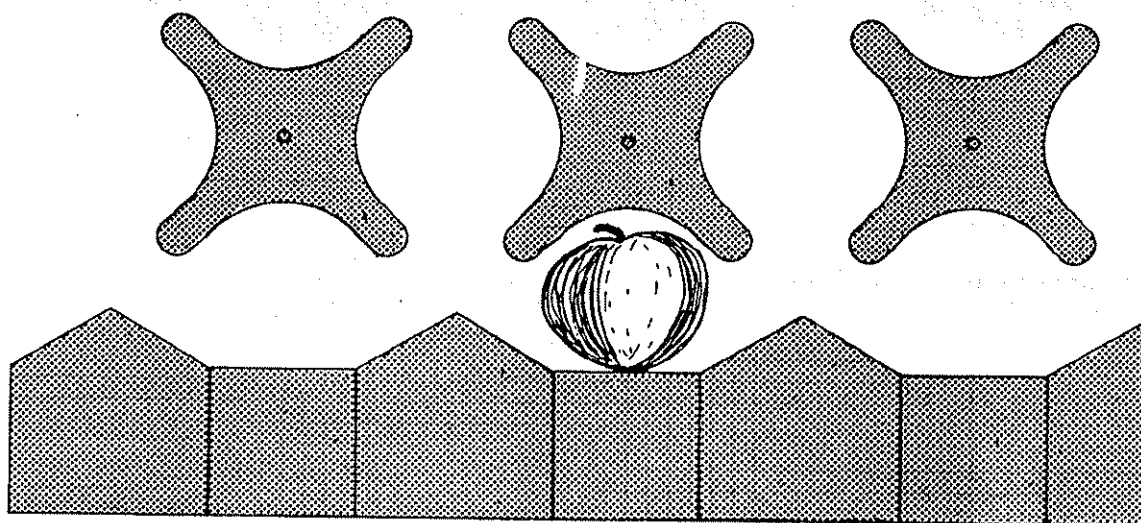


Bild 39. Uppbromsningssystem "X" (Bennedsen, 1986b).

System "L" består även det av ett skumplastklätt transportband under skyddande skumplastelement. De "L"-formade skumplastelementen är fjädrande upphängda på en rund axel (se bild 40). Elementen ligger normalt vridna med "spetsen" uppåt. När ett äpple faller på den raka delen vrids elementet och äpplet faller ner på transportbandet. När det faller ner på bandet skyddas det mot andra frukter genom den spetsiga delen av elementet (Bennedsen, 1986b).

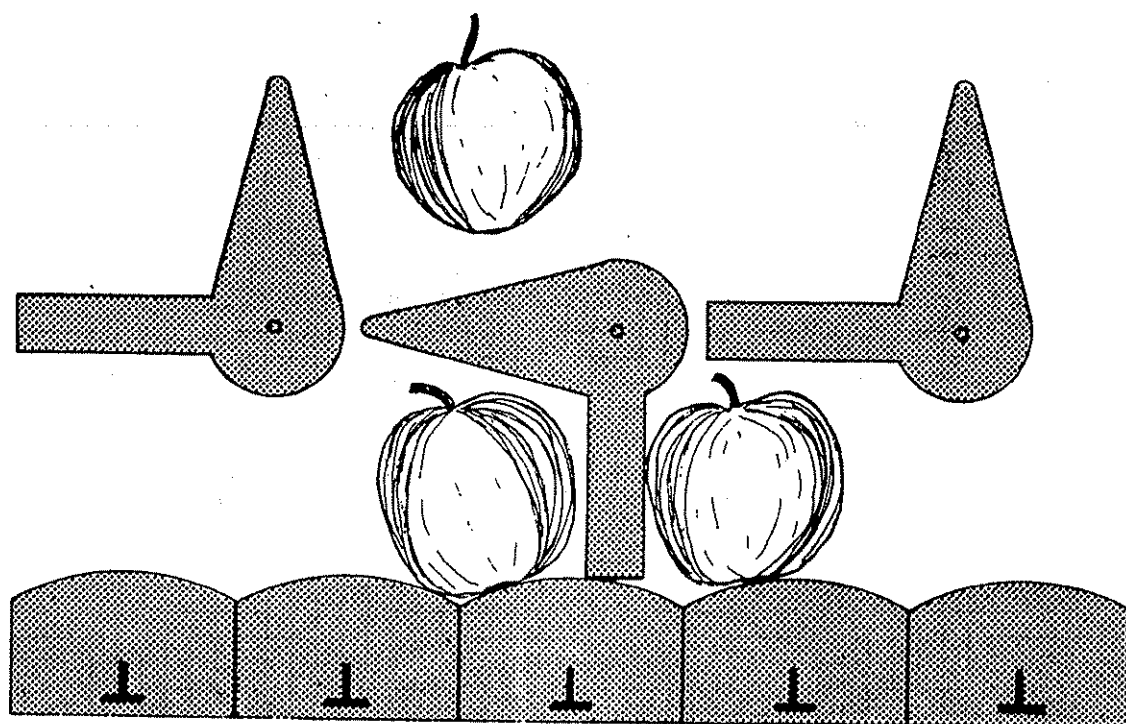


Bild 40. Uppbromsningssystem "L" (Bennedsen, 1986b).

6.2 Olika utformning på uppfångningssystemet.

Utformningen på uppfångningssystemet är det som skiljer olika skördemaskiner från varandra. De flesta skördemaskiner använder sig av ganska likt utformade skakorgan, medan filosofin bakom uppfångningen kan skilja markant. Följande kapitel skall beskriva några av de olika system som finns.

Den enklaste typen av uppfångning är presenningar som läggs på marken och som sedan rullas ihop tillsammans med frukten. Detta kan naturligtvis endast användas vid skörd av icke stötkänsliga frukter. En liten förbättring är att placera presenningen på en ram som flyttas för hand (Diener & Fridley, 1983).

6.2.1 Aktiv och passiv uppfångning.

Man kan göra en uppdelning mellan aktiva och passiva uppfångningsorgan. Med aktiva menas att frukten förflyttas med hjälp av transportörer eller liknande, och med passiva menas att frukterna rullar från uppfångningsorganen med hjälp av gravitationen. De flesta maskiner använder passiva uppfångningar, men aktiva uppfångningsanordningar används där man behöver låg höjd på maskinen.

Vid passiv uppfångning anger Markwardt et al (1969) att 15 ° lutning är nödvändig för att frukten skall rulla av uppfångningen.

I allmänhet lutar uppfångningen så att frukterna rullar in mot stammen och hamnar där på transportörer. Men det har även förekommit att man har låtit frukten rulla ut från trädet, vilket kan passa bra där man har en hög stam och långa hängande grenar. Metoden har bl.a. använts vid skörd av oliver (Lamouria et al, 1961).

Aktiv uppfångning kan vara fördelaktigt om maskinen behöver ha en "låg profil". En maskin av denna typ byggdes vid Cornell University i USA. Maskinen hade uppbromsningsremсор över hela uppfångningsytan och frukten transporterades till lådorna av transportörer under remsorna (Markwardt et al, 1969).

6.2.2 Uppfångning på flera nivåer

Flera forskare har provat att fånga upp frukter på flera nivåer i trädet, främst för att minska fallhöjden och därmed skadorna. En av de första maskinerna med denna typ av uppfångning utvecklades av Millier et al (1973). De använde sig av uppblåsbara "plastkorvar" som sköts in i trädet (se bild 41). När plastkorvarna blåstes upp bildade de ett tråg där frukterna kunde rulla ut till transportörerna. Vid skördeförsök med olika äpplesorter fick man mellan 65 och 90 % av frukterna klassade i den högsta klassen. Man konstaterade att man kunde inte undvika skador på frukterna vid skörd i den typ av träd som provades (relativt stora träd).

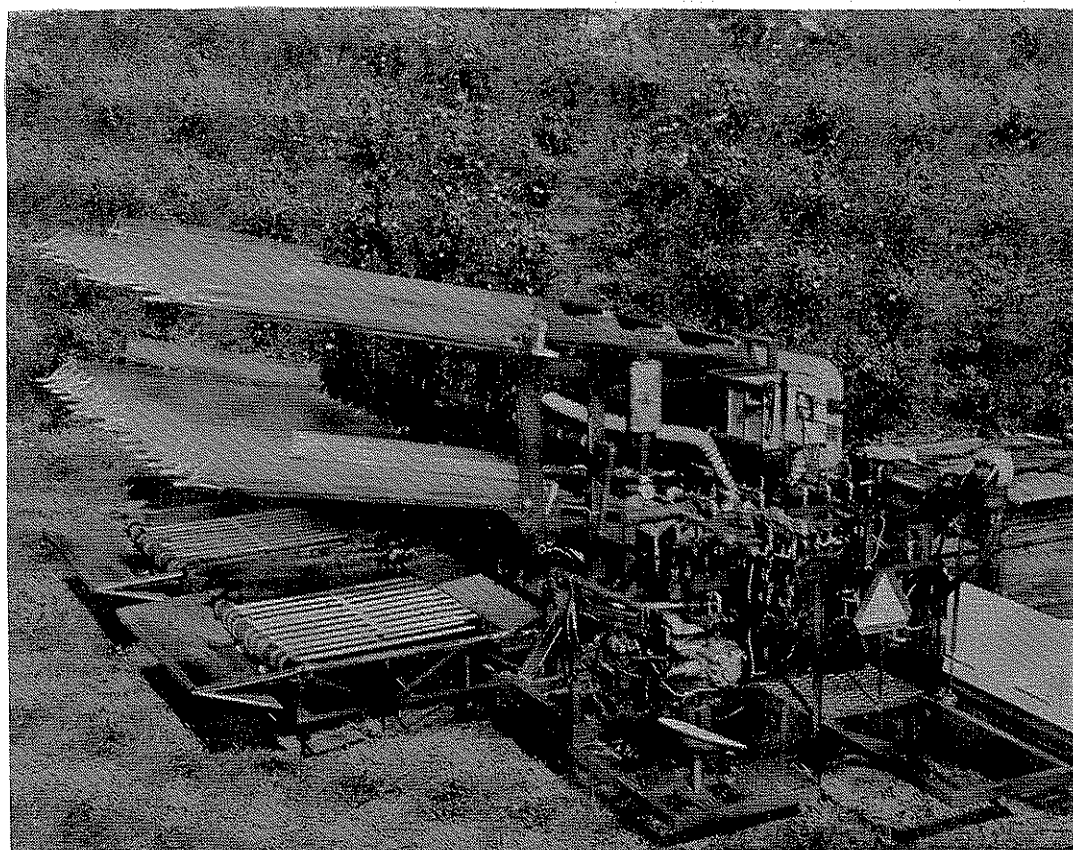


Bild 41. Försöksskördemaskin för äpplen med uppblåsbar uppfångning i flera nivåer (Millier et al, 1973).

Fridley et al (1973) använde en liknande utrustning. De provade en panel med uppblåsbara stänger i 8 nivåer och transportband i 4 nivåer. Stängerna var monterade med 40 ° lutning. Panelen var monterad på en gaffeltruck och utrustningen provades i en häckodling. Vid försök med päron ansåg man att kvalitén var kommersiellt acceptabel. Man noterade en betydlig minskning av skadorna jämfört med maskinskörd med uppfångning under trädet. Vid skörd av Golden Delicious äpplen fick man 71 % av frukterna i första klass mot 88 % vid handplockning (Diener & Fridley, 1983).

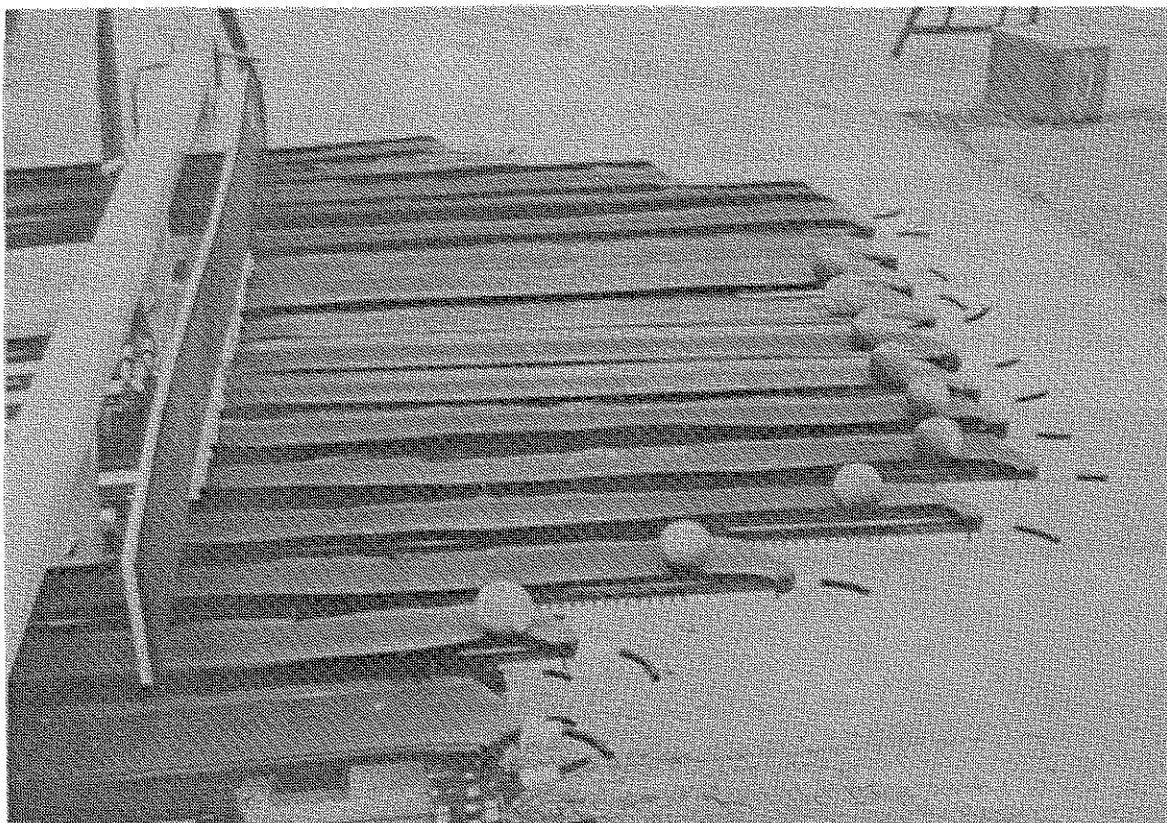
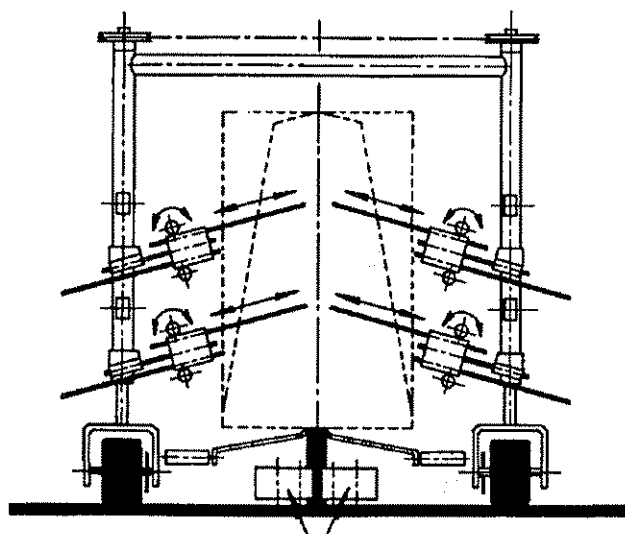


Bild 42. Utskjutbara gummitråg för uppfångning vid äppelskörd (van de Werken, 1978).

I Nederländerna byggde van de Werken (1978) en skördemaskin som kontinuerligt skördade äpplen från träd odlade i häcksystem. Maskinen hade v-formade gummitråg (se bild 42) som sköts in i trädet och som rörde sig så att de var stationära i trädet när maskinen körde (se bild 43). Vid försök med Golden Delicious äpplen var ca 60 % av äpplena i högsta klassen mot 93 % för handplockade (Diener & Fridley, 1983).

En annorlunda uppfångningsutrustning byggdes av Johnson et al (1983). De använde sig av ett flertal skumgummistjärnor (se bild 44). Stjärnorna var 2,5 cm tjocka och 16,5 cm i diameter. Stjärnorna monterades på rör som kunde skjutas in i trädet. De var utformade så att de kunde sluta till runt grenar och samtidigt rotera när de sköts in i trädet. Maskinen hade uppfångning i tre nivåer (se bild

Bild 43. Skiss över holländsk äppelskördemaskin med uppfångning i flera nivåer (van de Werken, 1978).



45). När Golden Delicious äpplen skördades var resultatet jämförbart med handplockning trots att en stor del av äpplena hade skador i skalet. Man antog att dessa skador uppkommer vid skakningen och att de därför inte kan minskas genom förändringar i uppfångningen.

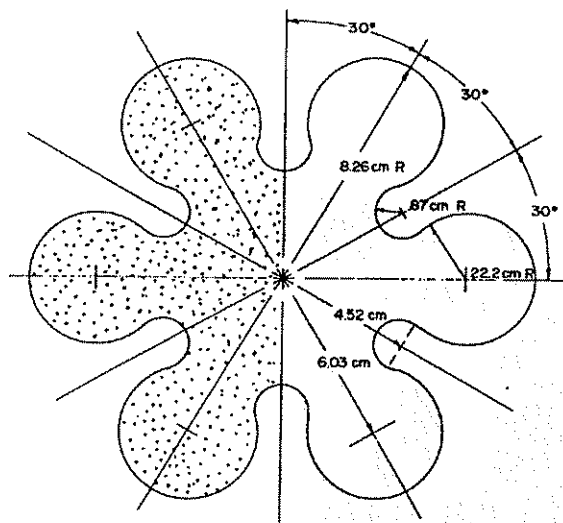


Bild 44. Skumgummistjärna som skall täta runt grenarna när de skjuts in i trädet (Johnson et al, 1983).

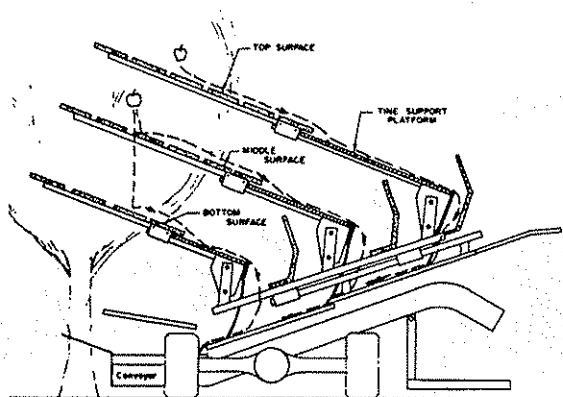


Bild 45. Skiss över skördemaskin med uppfångning på tre nivåer (Johnson et al, 1983).

I Australien arbetade Gould et al (1986) med en skördemaskin för skörd av frukt odlade enligt Tatura Trellis-systemet (se kap. 2.4). De använde uppfångning på fyra nivåer med lutande plan. Frukten rullade från dessa plan till ett uppbromsningssystem med skumplaströr monterade på nylonrep och ner till en transportör.

I Ungern har Gyuro et al (1981) arbetat med en skördemaskin för häckodlingssystem. Maskinen hade uppfångning i 5 nivåer och varje uppfångning bestod av 8 "uppfångningsblad". Bladen var täckta med skumgummi och roterade inne i trädet med en maximal fallhöjd på 30 cm. Man rapporterade att kvalitén var excellent.

6.2.3 Olika uppfångningstyper.

Diener och Fridley (1983) beskriver fyra olika huvudsystem:

- * Utskjutbara uppfångningsramar.
- * Tvådelade maskiner.
- * Omvänt paraply.
- * Grenslemaskiner.

Hutton et al (1976) gör en annan uppdelning i olika maskintyper. De skiljer mellan:

- * Tvådelade maskiner.
- * Enkla enheter som kör fram till trädet.
- * Enkla enheter som kör förbi trädet.

Maskiner som kör fram till trädet är t.ex. maskiner med omvänt paraply. Maskiner som kör förbi trädet är t.ex. maskiner med utskjutbara segel. Jag har valt att följa Diener & Fridleys uppdelning.

6.2.3.1 Tvådelad uppfångning

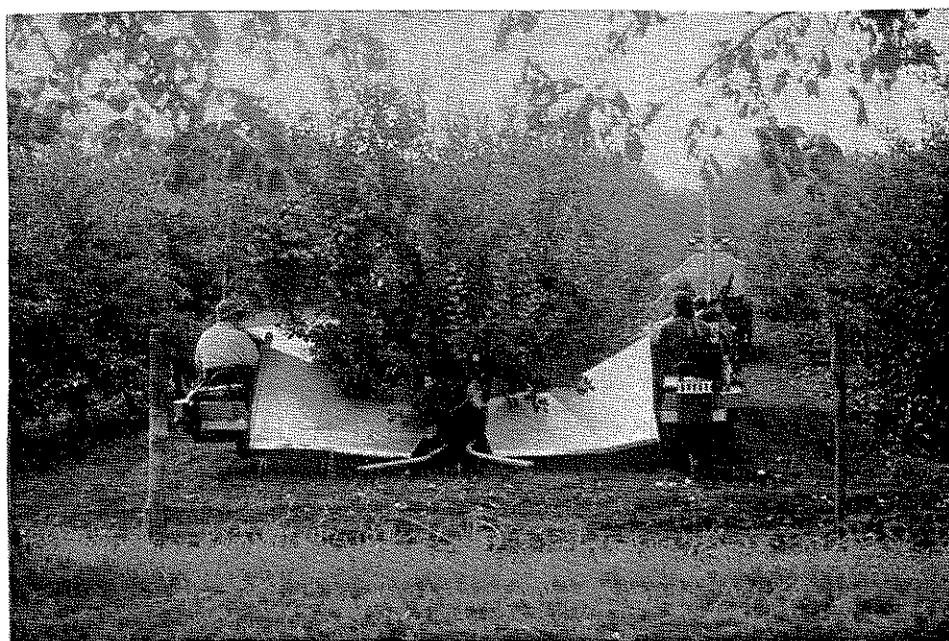


Bild 46. Schaumann Twin fruktskördemaskin. Maskinen består av två separata enheter där varje enhet är självgående och har transport- och lådfyllningsutrustning.

De tvådelade skördemaskinerna har en självständig enhet på var sida om trädet. Denna typ av maskiner kan finnas både som traktorbogserade och som självgående maskiner. Ett exempel är Schaumann Twin som används bl a för skörd av körsbär i Danmark. Maskintypen är vanlig även i USA vid körsbärsskörd. En nackdel med tvådelade maskiner anses ofta vara att de kräver en motor, transmission och förare på varje halva. En svårighet med dessa maskintyper kan vara att täta mellan de båda maskinhalvorna.

Det finns en del olika idéer om hur tvådelade maskiner skall konstrueras. Schaumann Twin har transportörer och lådfyllare på varje maskinhalva och frukt hanteras separat på varje halva (Bennedsen, 1984a).

Amerikanska Kilby har maskinen uppdelad i en skakdel och en transportördel. Båda enheterna har sluttande uppfångningsenheter. Båda maskinhalvorna stannar vid trädet och tätar runt stammen. Frukten skakas ner och transporteras på transportsidan till storlådorna. Frukten som faller på den andra sidan faller i ett tråg på transportörenheten. Tråget tippas upp och frukten tippas in på transportörerna innan maskinen flyttas (Hutton et al, 1976).

Liknande system har använts av Peterson och Monroe (1977). De hade skakanordningen på ena halvan och frukterna rullade över på transportörerna på den andra halvan. Denna konstruktion är möjlig om man har en hög stam så att trädets nederdel är fri från grenar.

Kaliforniska RMC har byggt en maskin som har både skakning och transport på den ena enheten och den andra har endast passiv uppfångning. Den passiva enheten är längre än den aktiva och kör kontinuerligt medan den aktiva stannar vid trädet, skakar och väntar på att frukten skall rulla över från den passiva uppfångningen.

6.2.3.2 Omvänt paraply.



Bild 47. FMC trädskördemaskin med uppfångning av typ "inverted umbrella".

En typ av uppfångning kallas "inverted umbrella". Maskinerna kör fram till trädet och greppar stammen. Uppfångningsseglen svängs ut runt trädet innan skakningen startar. Frukterna faller vid skakningen ner på uppfångningen och rullar ner på transportörerna. Efter skörden fälls uppfångningen ihop och maskinen backar ifrån trädet och kör till nästa. Denna typ av maskiner byggdes tidigare av bl a FMC (se bild 47).

6.2.3.3 Utskjutbara segel.

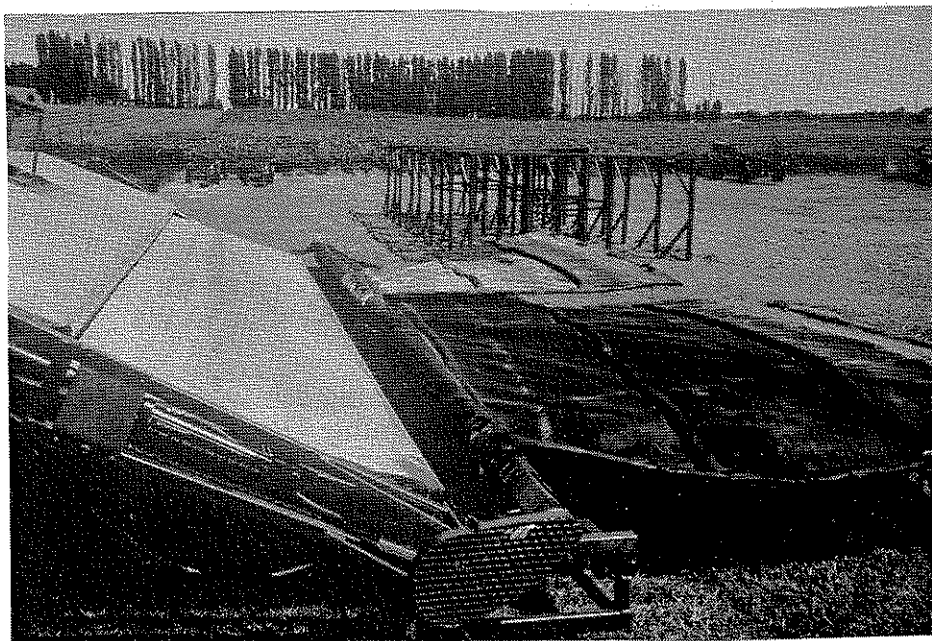


Bild 48. Friday trädkördemaskin med utskjutbara uppfångningssegel.

Maskiner med denna typ av uppfångning har oftast en sluttande uppfångning på huvudmaskinen. Här finns i allmänhet även skakorganet. Maskinen stannar mitt för trädet och greppar stammen. En presenning dras ut på båda sidor om trädet (se bild 48). Efter avslutad skörd rullas presenningarna in hydrauliskt och frukten rullar då in på transportörerna.

På äldre maskiner drogs i allmänhet presenningarna ut för hand, medan en del nyare maskintyper har hydrauliskt kontrollerade segel. En metod som har använts för att dra ut seglen är att hjul drar ut dem (Diener & Fridley, 1983) eller till och med "caterpillar-band" (Sarig et al, 1986).

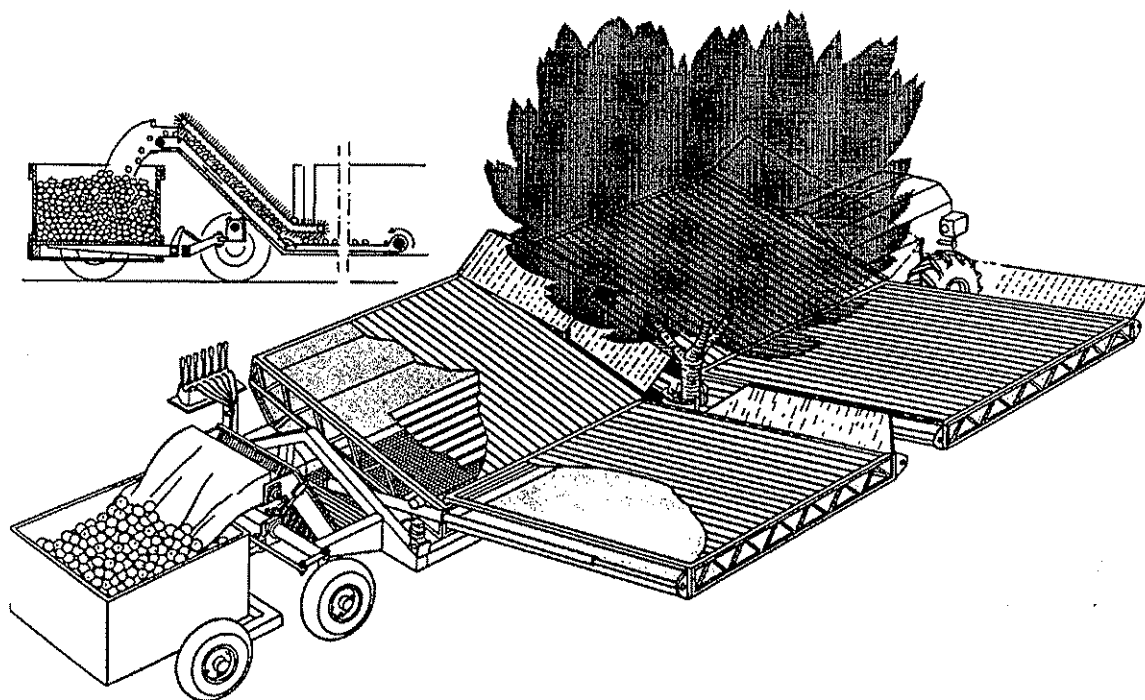


Bild 49. Fruktskördemaskin med utskjutbara uppfångningsdelar. Uppfångningsytorna är täckta med uppbromsningsremсор (Zocca & Fridley, 1977).

Friday Tractor Co har tillverkat en modell där uppfångningen skjuts ut hydrauliskt och bärs av maskinen (se bild 48). En liknande maskintyp byggdes av forskare i Italien för skörd av äpplen och persikor (se bild 49). En stor del av uppfångningsytan var täckt med uppbromsningsremсор för att bromsa fallhastigheten (Zocca & Fridley, 1977). På denna maskin rullas inte seglen upp, utan hela uppfångningssidan dras in över den andra sidan.

En annorlunda metod att kontrollera uppfångningen har utvecklats i Italien främst för skörd av oliver i svår terräng. Maskinen "blåser ut" presenningar med hjälp av tryckluft. I presenningen är inbyggt gummislangar med spiralfjädrar inne i slangarna. Uppfångningen är vid vila upprullad på en plastrulle. Tryckluft släpps in i slangarna och när fjäderkraften övervinns rullar uppfångningen ut (se bild 50). Uppfångningen rullar i främre kanten på hjul. Maskinen klarar av att rulla ut uppfångningen i upp till 20 % lutning (Zocca, 1984b).

När seglen har rullats ut på båda sidor om stammen, måste det tätas runt stammen. Detta sker på vissa maskiner genom att de båda halvorna pressas mot varandra.

En maskin som vred ut två uppfångningshalvor i stället för att dra ut dem, provades av McHugh et al (1981) i South Carolina i USA. De två uppfångningsramarna vreds från en position på den fasta delen av maskinen, runt trädet och tätade samtidigt runt stammen. Man fann att ramarna släpade mot nedhängande grenar och rev loss frukt och skadade grenar. Man övergick senare till att prova en maskin som sköt ut ramarna linjärt.

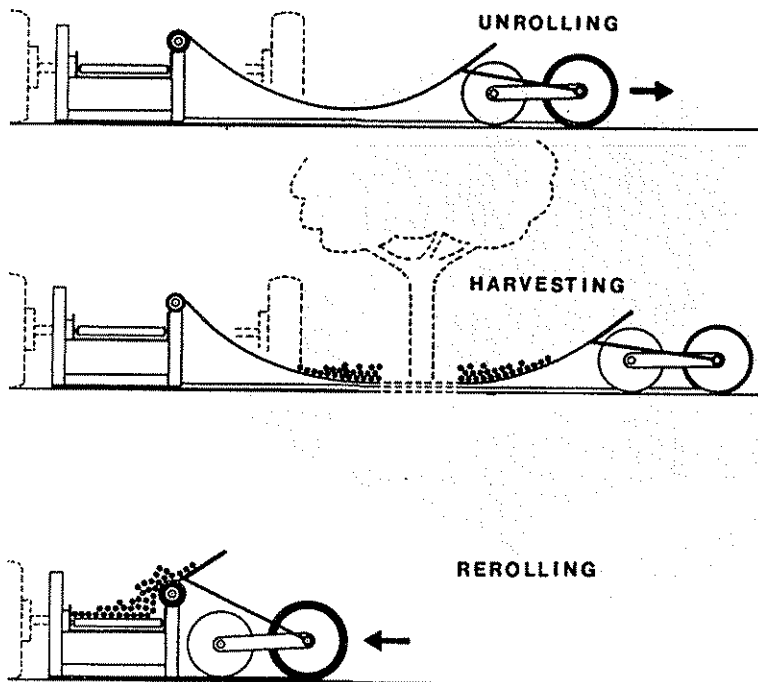


Bild 50. Skiss över uppfångningssystem med "utblåsbara" uppfångningssegel (Zocca, 1984b).

6.2.3.4 Grenslemaskiner.

En maskintyp, som i första hand kan bli aktuell i odlingar med svagväxande träd, är grenslemaskinen. Maskinen grenslar raden och innesluter trädet vid skörd. Fördelarna är att man kan ha en maskin som utför alla operationer, och där man bara behöver en lådfyllningsutrustning mm. Nackdelarna är kanske främst att maskinen kan bli klumpig om den skall skörda större träd.

En av de maskiner av denna typ som provas i äpplen har byggts av Don Peterson et al (1985). Maskinen kör kontinuerligt och skakorganet greppar stammen, skakar och glider bakåt när maskinen kör. Efter skakningen åker skakaren framåt för att möta nästa träd. Man kunde skörda mer än 4 träd per minut (Peterson, 1982).

I Danmark har det byggts ett flertal olika maskiner av grenslande modell. Ett exempel är den som har byggts av Bågö Maskinfabrik. Maskinen kör på ena sidan av trädraden och har en uppfångningsdel som hänger på andra sidan. Uppfångningen är i form av transportörer. Frukten från den borte delen transporteras över till den maskinhalva där lådfyllningsutrustning mm finns (Callesen, 1984).

Maskinen är inte en "renodlad" grenslemaskin utan en mellanform där endast uppfångningen grenslar trädraden.

7 TRANSPORT OCH HANTERING

Efter uppfångningen av frukten krävs att frukten transporteras på ett skonsamt sätt till lådorna. Vid maskinskörd är det dessutom ofta nödvändigt att sortera bort blad och annat skräp. Detta är relativt enkelt eftersom det oftast blir små skräpmängder och eftersom det är stora skillnader i vikt mellan frukt och skräp. Det vanligaste är att en luftström blåser bort skräp när frukten faller ifrån en transportör.

7.1 Transportörer

Det viktigaste kravet på transportörerna är att de hanterar frukten skonsamt. Helst skall inga skador orsakas av transporten i maskinen. Skadorna beror förutom på transportörernas utformning, även på hur mycket som lastas på transportörerna. Vid överbelastning, där frukter transporteras i flera lager, ökar i allmänhet skadefrekvensen.

De flesta typer av transportörer kan användas för förflyttningar med låg belastning och liten stigning, men problemet vid maskinell skörd av äpplen är att man ofta har hög kapacitet vid skörden. På många maskiner skall uppemot 10 ton per timme förflyttas skonsamt, samtidigt som frukterna ofta skakas ner i korta stötar, med stor risk för överlastning.

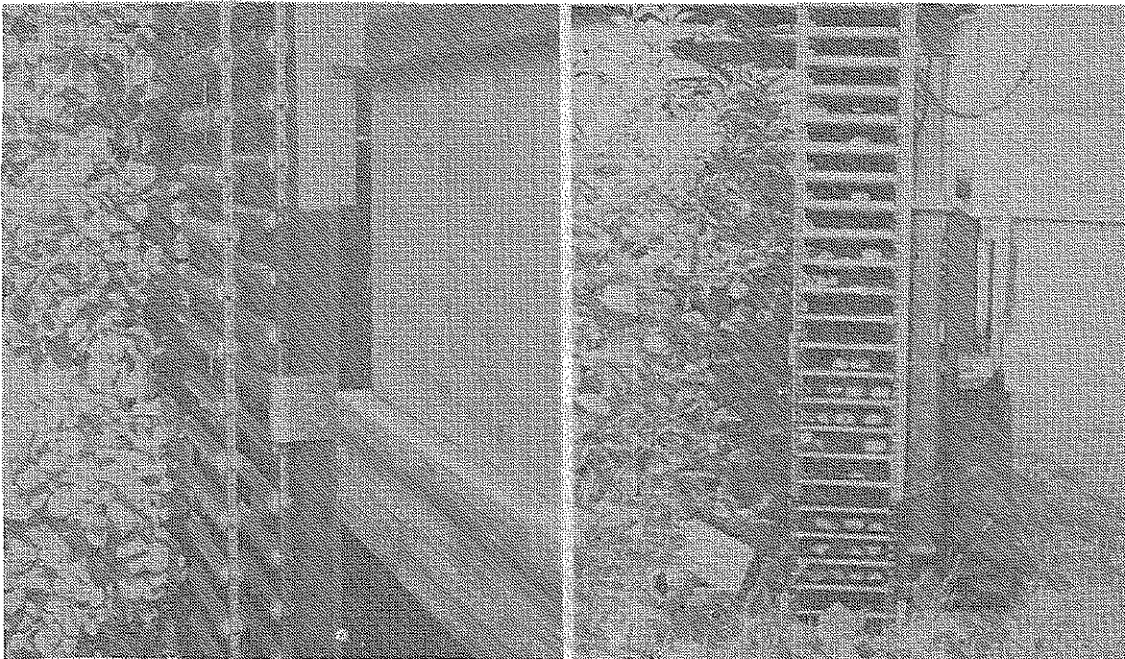


Bild 51. Fruktransportörer på skördemaskin uppbyggda av rörisolering på rör (Allshouse och Morrow, 1972).

På försöksskördemaskiner har ofta använts transportörer uppbyggda av rörisolering kring rör mellan två kedjor. Dessa transportörer får en skonsam yta och samtidigt fack som aktivt transporterar även vid lutningar. En fördel med denna typ av transportörer är att de sorterar bort skräp som är mindre än avståndet mellan två medbringare. Ett exempel på en sådan transportör har byggts av Allshouse och Morrow (1972). Den bestod av 10 mm tjock rörisolering monterad på 30 mm rör. Avståndet mellan rören var 95 mm (se bild 51).

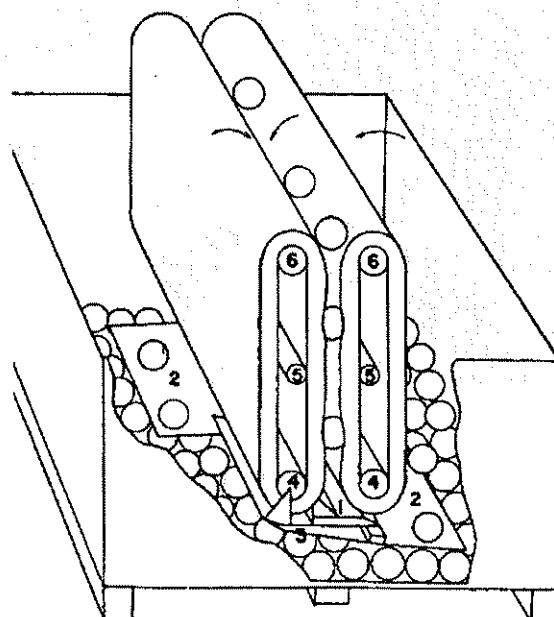
En annan typ av skonsam transport rapporterades av Berlage och Yost (1968). De klämde fast äpplen mellan två remmar med 50 mm tjock skumgummiyta. Avståndet mellan remmarna var 37 mm. Äpplen mellan 45 och 110 mm diameter kunde transporteras.

7.1.1 Transport i vatten

I USA har ett transportsystem provats där äpplen hanteras i vatten på skördemaskinen för att på ett skonsamt sätt kunna hantera stora mängder äpplen på kort tid. Tennes et al (1978) beskrev ett system där äpplen transporterades från skördaren ner i vattentankar för transport till lager. 4300 kg äpplen kunde transporteras i 8300 l tankar. Systemet kombinerades med lagring i silotankar. Det tog i allmänhet mindre än 10 min att tömma tankarna vid lagret. De föreslog både system där tankarna ingick som en integrerad del av skördemaskinen, och system där tankarna användes för transport i kombination med konventionella skördemaskiner. Författarna ansåg att tank och silo-systemet var ett "excellent" sätt att hantera maskinellt skördade äpplen.

7.2 Lådfyllning

Bild 52. Lådfyllningsutrustning där frukten kläms mellan två skumgummiklädda transportband (Berlage och Yost, 1969).



Lådfyllningen är ett moment som riskerar att orsaka ökade skador om den utformas olämpligt. Kraven på lådfyllningsutrustningen är, förutom skonsamhet, att den skall ha tillräcklig kapacitet att ta emot den skördade mängden.

Ett av de kritiska momenten vid lådfyllning är den vertikala transport som oftast behövs för att sänka ner äpplena i lådan. En del olika utrustningar har utvecklats.

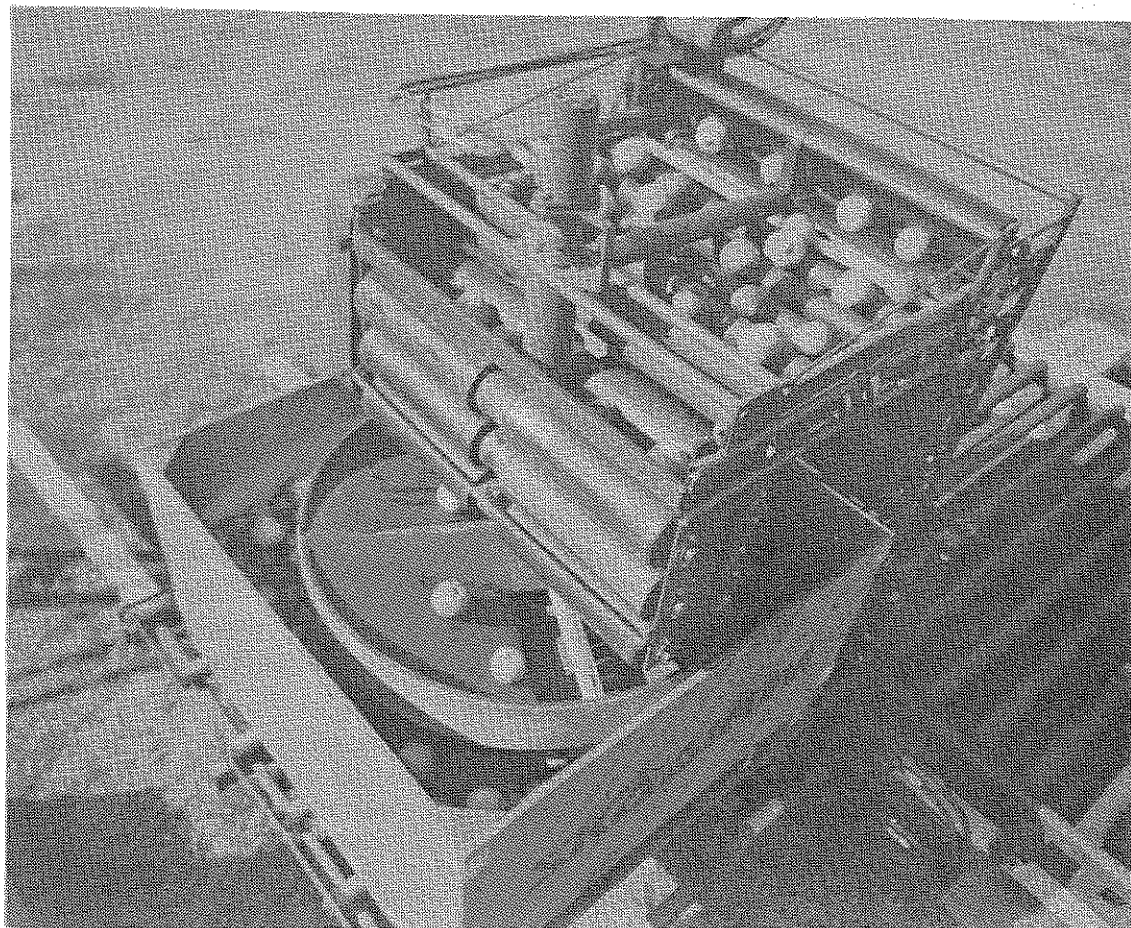


Bild 53. Lådfyllningsutrustning där frukten sänks med hjälp av skumgummi-klädda rullar, och sprids av en roterande skiva (Monroe & O'Brien, 1983).

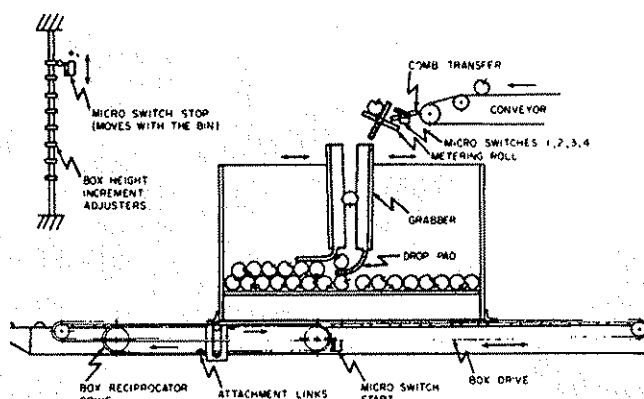
Berlage och Yost (1969) utvecklade en transportör som bestod av 5 cm tjock skumplast på plattrem. Frukten klämdes fast mellan remmarna och transporterades skonsamt. Transportörerna provades för vertikal transport och även för lådfyllning i kombination med roterande lådor (se bild 52). Denna transportör provades även på skördemaskiner (se kap 7.1).

Livslängden på skumplasten var relativt kort p g a inverkan av solljus och väder (Monroe & O'Brien, 1983). I ett senare skede användes i stället mjuka rullar för att sänka ner äpplen i lådorna (se bild 53).

Millier et al (1973) utvecklade en utrustning för vertikal transport som de kallade för "grabber". Utrustningen bestod av vertikala plattor klädda med mjukt material. Den ena plattan påverkas av en vevmekanism så att frukten omväxlande kläms fast och släpps när den faller genom "grabbern". Genom att variera frekvensen kan kapaciteten justeras.

Samma forskare provade även en utrustning för lådfyllning som baserades på konceptet att placera äpplen i lådan rad för rad och lager efter lager för att fylla lådan jämnt utan hög fallhöjd. För att uppnå detta lät man äpplena accumuleras i en rad som var lika bred som lådan. När en rad var fylld, vreds ett stjärnhjul och frukten släpptes ner till en utrustning där ett par klaffar bromsade upp frukten. Senare användes en "grabber" (se bild 54) vilket visade sig vara en överlägsen metod att hantera äpplen.

Bild 54. Skiss över lådfyllningsutrustning med en fast och en rörlig platta som bromsar upp fallet mot lådan (Millier et al, 1973).



För att undvika skador vid lådfyllningen är det viktigt att frukten har låg hastighet när den faller i lådan. Detta kan man uppnå genom låg fallhöjd, eller genom att bromsa upp och släppa ner frukten skonsamt.

Ett relativt billigt sätt att uppnå låg fallhöjd är att luta lådan vid fyllningen, så att frukten släpps på sidan av lådan, för att successivt sänka lådan allteftersom den fylls (Cargill & Rehkugler, 1983).

O'Brien et al (1980) provade en rad olika metoder att fylla storlådor skonsamt (se bild 55). Utrustningarna var främst menade att användas stationärt i packerier och liknande, men resultaten har även legat till grund för senare utveckling av skördemaskiner. Samtliga provade utrustningar gav signifikant minskade skademängder. Den utrustning som de kallade "swing conveyor" kombinerad med automatisk höjdhöjning var den mest effektiva av de provade utrustningarna.

Även Berlage (1981) provade en rad olika lådfyllningsutrustningar. Fyra av utrustningarna hade roterande spridningsskivor i stationära lådor (se bild 53), och den femte hade roterande låda. Samtliga utrustningar hade automatisk höjddjustering. Utrustningen med roterande låda gav den bästa fyllningsgraden och fördelningen av frukt och gav den lägsta andelen skador. Vid en fyllningskapacitet på 383 kg/min blev 0,5 % av Golden Delicious äpplena kasserade.

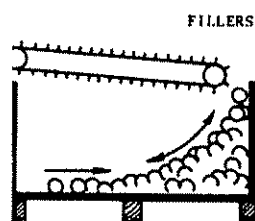


FIG. 1 Swing conveyor.

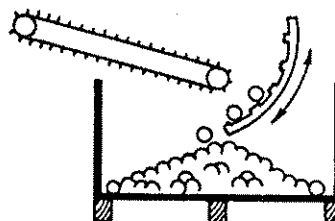


FIG. 2 Rigid conveyor swing deflector.

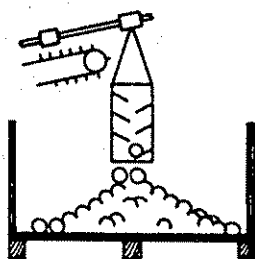


FIG. 3 Baffle plates.

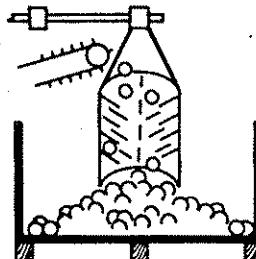


FIG. 4 Baffle fingers.

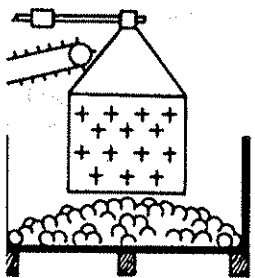


FIG. 5 Star wheel baffle.

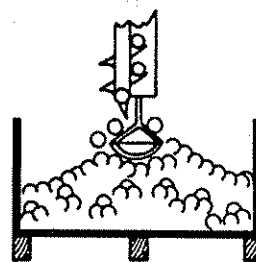


FIG. 6 Conveyor with decelerator spreader.

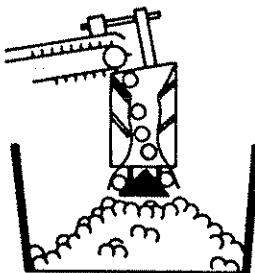


FIG. 7 Baffle with decelerator reader.

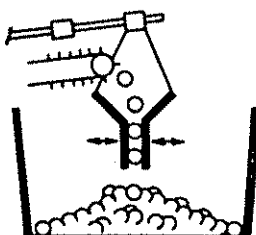


FIG. 8 Cam controlled lowering.

Bild 55. Skiss över åtta olika utrustningar för att dämpa skador vid lådfyllning (O'Brien et al, 1980).

8 SKADOR VID MASKINELL SKÖRD

Ett av de stora problemen med maskinell fruktskörd är skador. Både skador på frukterna och skador på träd är allvarliga. Trädskadorna minskar trädens livslängd och påverkar på så sätt ekonomin, medan fruktskadorna innebär en direkt prislöslust.

8.1 Skador på träd

Medvetandet om betydelsen av skador på trädet har varierat med tiden. Tidigt utvecklad utrustning gav ofta kraftiga skador på bark som senare blev infekterad av svampsjukdomar (Adrian & Fridley, 1964). Genom förbättring av gripklon ansåg man att man hade eliminerat problemet (Adrian & Fridley, 1969b).

Efter lång tids användning av maskinell skörd av körsbär, blev man åter igen medveten om problemen. Tidigare hade livslängden på en odling varit över fyrtio år, medan den vid maskinell skörd sjönk till mellan 15 och 20 år (Affeldt et al, 1987). Anledningen till att just körsbär är känsliga för skador är troligen att de skördas i ett tidigt skede under året när träden har aktiva näringstransporter i barken, medan andra frukter skördas under ett "vilostadium" (Brown, pers. medd., 1988).

Vid skörd av äppelträd har man ofta befarat att träden skulle ta skada av skakning. Detta har inte kunnat bevisas, utan man har tvärt emot observerat ökad växtkraft efter maskinell skörd (Rehkugler et al, 1979).

Skadorna på trädet vid skakning är både i form av barkskador, brutna grenar och brutna mindre grenar och fruktsporrar samt förlorade blad. Brutna större grenar är oftast ett resultat av för stor slaglängd. Brutna mindre grenar och stora bladförluster är ett resultat av skakning vid för hög frekvens (Fridley, 1983)

8.1.1 Barkskador

Barkskador kan vara mycket allvarliga och svåra att hitta. I vissa fall kan det vara nödvändigt att man knackar på barken för att genom ett ihålligt ljud höra ifall barken har lossnat (Fridley, 1983).

Många av barkskadorna är dolda och kan inte ses utan att barken avlägsnas. Skadorna uppstår genom att cellerna krossas av för stora tryckkrafter när skakorganet fästs vid trädet. Olika typer av skador uppstår. Cellvätska läcker ut, små sprickor uppstår i cellvävnaden, barken lossnar från vedvävnaden och brunfärgning av den skadade vävnaden uppstår efter några minuter. Den yttre barken på körsbärsträd är elastisk och består intakt så att skadorna döljs ofta i flera veckor. Dolda skador kan senare dyka upp i form av ytor där sav läcker ut, öppna sprickor, onormal tillväxt (långsam eller oregelbunden) eller genom att barken dör (Brown et al, 1984a).

Vid studier av barkskador i Michigan fann man att barkens motståndskraft mot skador var minst tidigt under säsongen när näringstransporterna var som mest aktiva. Slutsatsen man drog var att barkskador uppstår på körsbärsträd vid lägre stressnivåer än på några andra fruktträd. Tryckkrafterna vid skakning bör inte överstiga 2070 kPa vid skörd av surkörsbär (Brown et al, 1984b).

Barkskadorna påverkas även av bevattning. Brown et al (1984b) noterade barkskador redan vid tryckkrafter på 1000 kPa när droppbevattningen var på under skörden. De rekommenderade att droppbevattningen skulle stängas av två veckor före skörd.

Förutom tryckskador riskerar man att få skador av skjuvning när skakningen sker i vissa riktningar. Dessa krafter kan minskas om kontaktytan mellan skakorganet och trädet är stor, och genom att smörjmedel används mellan de yttre gummlagren i fästorganet (Timm & Brown, 1985).

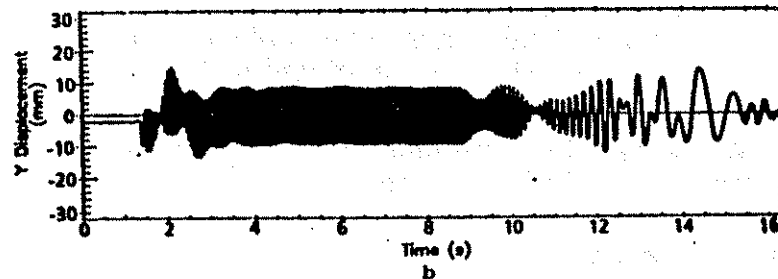
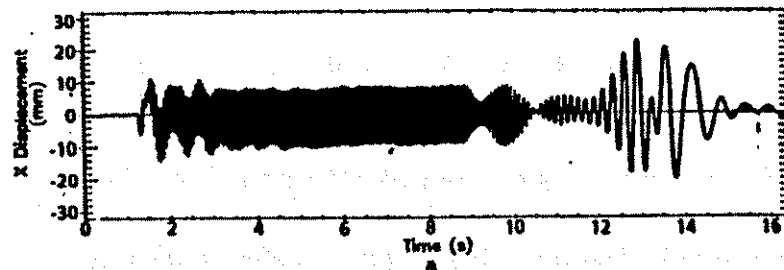
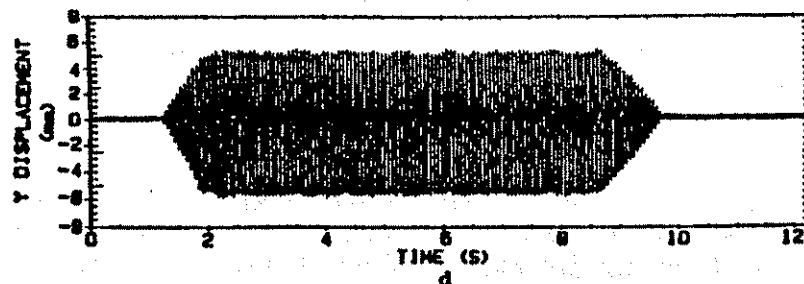
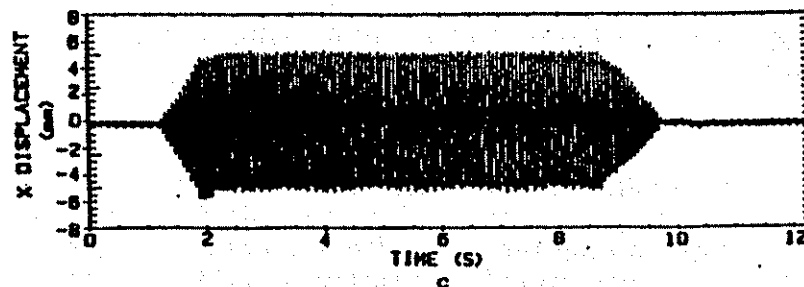


Bild 56. Mätning av rörelse i stammen hos surkörsbär vid skakning. De två övre kurvorna visar skakning med vanlig obalanssskakare, och de undre med "variabel excentrisk massa" (Brown et al, 1988)



Trots nya rekommendationer om maximala tryck, kontaktyta, smörjning, mm rapporterades fortfarande kraftiga barkskador från odlare. En av anledningarna kan vara att vid start och stopp av skakningen, uppstår kraftiga amplituder när skakningen når resonansfrekvenser. Normal amplitud vid skakning är 10-19 mm, medan man vid resonansfrekvenser kan nå 30 mm (se bild 56). Resonans uppstår vid 1,5 till 2,0 Hz, medan skakfrekvensen var 9 eller 16 Hz (Affeldt et al, 1987).

För att undvika dessa resonansfrekvenser utformade Brown et al (1988) en skak-anordning med "variabel excentrisk massa". Obalansvikterna hölls i konstant rotation medan de flyttades in och ut för att förändra excentriciteten. På så vis kunde man undvika dessa toppar (se bild 56).

8.1.2 Rotskador

Man har ofta antagit att den kraftiga skakning som maskinell skörd innebär skulle ge skador på rotsystemet som skulle nedsätta trädets vigör. Detta har inte kunnat visas.

I USA grävde man upp rotsystemet på ett flertal körsbärsträd som hade maskin-skördats utan att kunna notera synliga skador (Brown, pers. medd., 1988).

I Bulgarien provade Tsonev och Belyakov (1984) skakningens effekt på rotsystemet i valnötter genom att injicera en radioaktiv lösning i marken runt tjugo träd. Hälften av dem skakades under 10 sekunder och resten användes som referens. Koncentration av den radioaktiva isotopen i bladen mättes var sjunde dag. Resultaten visade ingen mätbar skillnad i upptagning, förutom en tendens till långsamare upptagning de första sju dagarna.

Vid försök i Moldavien i Sovjetunionen med 17 plommonsorтер kunde man inte hitta några mekaniska skador på rotsystemet (Tsonev & Belyakov, 1984).

8.2 Skador på frukt

Skador på frukterna, främst stötskador, men även punkterat skal, mm, innebär en direkt prisförlust för odlaren. I vissa fall får odlaren inget alls för skadad frukt. En mycket vanlig feluppfattning är att man kan undgå alla skador genom bättre dämpmaterial på uppfångningen. I detta kapitel skall jag sammanställa en del av den information som finns om fruktskador vid maskinell skörd.

Maskinell skörd orsakar ofta stora skador på frukter. För att få en jämförelse är det viktigt att få en uppfattning om hur stora skador som uppstår vid handplockning. Det är knapphändigt med uppgifter om detta i litteraturen, men i några fall har lämnats jämförande uppgifter. Fridley et al (1973) angav att handplockning av persikor orsakade mellan 12 och 30 % stötskadade frukter. Goldschmidt-Reischel (1981) uppmätte mellan 8 och 15 % stötskadade äpplen vid handplockning.

I några fall har handplockade äpplen jämförts med maskinskördade. LaBelle et al (1965) uppmätte 9 - 13 % stötskador i handplockade, mot 18 - 32 % i maskinskördade.

I några fall har mindre stötskador noterats vid maskinskörd jämfört med handplockning. Vid maskinskördeförsök med persikor i Tatura Trellis fick van Heek och Adem (1980) mellan 88 och 98 % av frukterna i bästa kvalitet jämfört med endast 67 - 83 % för handplockade. Liknande uppgifter finns även vid äppelskörd. Diener et al (1980) fick 91,2 % "extra fancy" i sorten Spur Golden vid maskinskörd mot 83,6 % vid handplockning. Vid skörd av Golden Delicious fick man dock betydligt fler stötskador i maskinskördade äpplen.

8.2.1 Var uppstår skadorna?

Anledningen till att det är svårt att undvika skadorna helt är att många skador uppkommer vid skakningen, innan frukterna hamnar på uppfångningen. Några försök har gjorts att identifiera var skadorna uppstår.

I Danmark gjorde Ole Callesen (1984) försök med den danskbyggda Bågömaskinen. Han konstaterade att lådfyllaren orsakade 14 % av skadorna, uppfångningsanordningen 45 %, kollision med andra äpplen 29 % och kollision mot grenar 12 %. Sortering och transport orsakade inga skador.

Pellerin et al (1979) provade hur stor del av äpplena som blev stötskadade vid skakningen genom att hålla en liten uppfångningsskärm under några frukter och fånga dem direkt efter skakningen. Skärmen hade ett tak som skyddade mot andra frukter. De frukter som fångades upp där var upp till 10 % fler stötskadade än handplockade. Av de frukter som fångades upp under trädet var ytterligare 20-30 % skadade. Om dessa har skadats vid fallet genom trädet eller när de faller mot andra äpplen på uppfångningen går inte att utläsa av detta försök.

I ett annat försök provades att handplocka och låta frukterna falla genom trädet. Äpplena släpptes ett och ett, så de totala skadorna härrör från fallet genom trädet. Dessa frukter jämfördes med andra som skakades loss, och där skadorna uppkommer vid lossningen, vid fallet genom trädet och vid uppfångningen. Förlusten av första klass frukt när äpplen släpptes genom trädet var 16-24 % och vid maskinell skörd var förlusten 44-60%. Vid senare försök med impulsskakning (se kap 4.3.4) uppmätte man en förlust av 17 % första klass frukt vid skakningen och ca 9 % vid fallet genom trädet (Millier et al, 1984).

Bilanski och Menzies (1984) uppskattade att 70 % av skadorna på äpplen orsakades av att äpplen slog mot grenar vid maskinskörd.

Cain (1971) provade effekten av att minska skadorna genom beskärning. Han drog slutsatsen att 25 % skadade frukter var den lägsta nivån man kunde nå med 3 m höga träd. Minst 15 % skadas vid stötar mot den gren de hänger på och detta kan inte korrigeras genom beskärning.

Sammanfattningsvis kan man säga att vid skörd av stora träd med konventionell trädform uppstår en stor del av skadorna redan innan frukterna hamnar på uppfångningen. Om maskinell skörd av äpplen för färskmarknaden skall kunna bli en verklighet krävs att man provar andra trädformer och odlingssystem.

8.2.2 Faktorer som påverkar skadorna

De flesta skadorna orsakas av skördemaskinen. Maskinens utformning har naturligtvis stor betydelse för skadornas omfattning, men även andra faktorer påverkar resultatet.

8.2.2.1 Skakmetod

Vid utveckling av impulsskakmetoden (se kap 4.3.4) gjordes flera jämförelser mellan impuls och obalansskakning. De första rapporterna angav att impulsskakningen gav mer skador (Pellerin et al 1978) medan skadorna sjönk allt eftersom man utvecklade skördemetoden. Pellerin et al (1979) angav att båda metoderna gav likvärdiga skadenivåer.

1981 rapporterade Pellerin och Lakso att impulsskördemetoden gav signifikant högre andel oskadade frukter, 78 % "extra fancy" jämfört med 48 % för en obalansskakare.

Peterson et al (1985) kom även de fram till att impulsskakaren är ett effektivt sätt att reducera antalet skador vid maskinell skörd.

8.2.2.2 Trädform

Markwardt et al (1968) provade var i trädet skadorna uppstår genom att dela in trädet i tre sektioner och måla minst 150 frukter i varje sektion. Man använde sig av stora träd. De tre sektionerna var:

1. Frukter på utsidan av trädet upp till 2,4 m höjd.
2. Frukter på utsidan av övre halvan av trädet. 2,4 till 4,5 m höjd.
3. Frukter från den övre delen av trädet som faller förbi stora grenar, vanligen 2,4 till 4,5 m över mark.

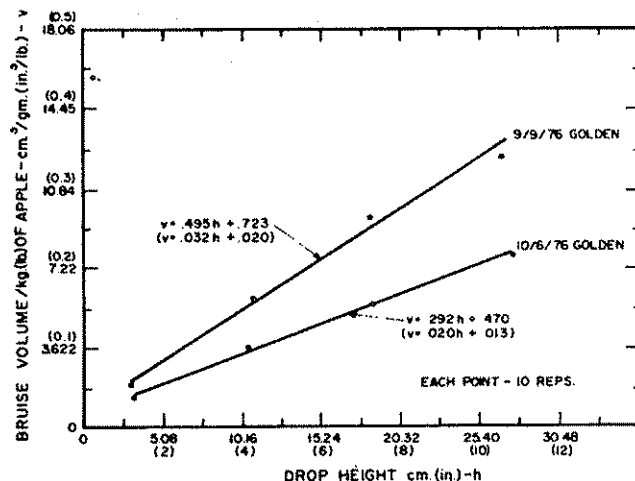
Äpplena skakades ner med en obalanssskakare, och frukterna skalades efter flera dagars lagring i fält och stötskadorna räknades. Resultaten visade att frukter från toppen (sektion 3) hade fler stötskador än från de andra sektionerna. Frukterna i sektion 3 hade 55 - 70% av frukterna stötskadade, medan sektion 1 hade ca 30 % stötskadade. I detta försök noterade man ganska små stötskador när äpplen föll på frukter som låg på uppfångningsramen.

Lakso et al (1978) provade effekten av att ta bort den övre delen av trädet för att minska skadorna. "Open center" träden (utan topp) gav färre stötskador och bättre skörderesultat, även om skillnaden inte var speciellt stor.

8.2.2.3 Fallhöjd

Diener et al (1979) provade effekten av fallhöjden. Man lät äpplen falla mot en platta och beräknade volymen på stötskadorna. De fann ett linjärt samband mellan fallhöjd och volym på stötskadan (se bild 57). Man fick mätbara skador redan vid 2,5 cm fallhöjd.

Bild 57. Diagram över skadevolym beroende av fallhöjd (Diener et al, 1979).



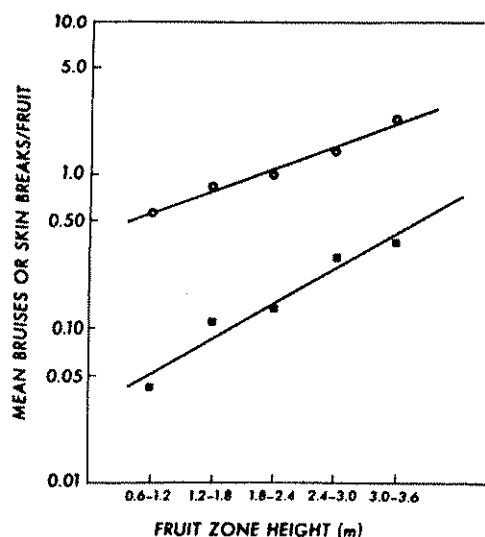
Cain (1971) provade effekten av fall mot uppfångningsanordningen. När fallhöjden ökade från 1,5 m till 4 m ökade stötskadorna från 13 till 33 %. Han refererade även till ett äldre försök som anger att allvarliga stötskador uppkommer redan vid fall på ca 7,5 cm mot en hård yta.

O'Brien (1969) refererar till ett försök med att släppa päron och konstaterar att maximalt 10 cm fall är tillåtet för att undvika skador vid fall mot en träyta och 20 cm vid fall mot andra päron.

Tukey (1969) anger att ett äpple kan falla upp till 6 m mot en bra uppfångningsanordning utan stötskador om ytan är klädd med ett lämpligt material.

8.2.2.4 Fruktbärande zonens höjd

Bild 58. Diagram över skadefrekvensen beroende på fruktbärande zonens höjd (Lakso et al, 1978).



Lakso et al (1978) beräknade effekten på skadorna av olika höjd på den fruktbärande zonen. De kom fram till att skadorna ökade logaritmiskt med ökande höjd (se bild 58).

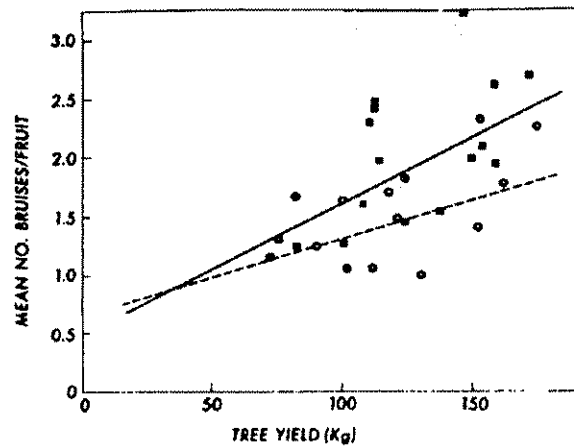
Detta pekar mot att odlingssystem av typ Lincoln Canopy (se kap 2.3) är ett effektivt sätt att minska stötskador vid maskinell skörd.

8.2.2.5 Mognadsgrad

Mognadsgradens betydelse för stötskadorna undersöktes av Diener et al (1979). De fann en större tålighet och minskade skador när äpplena mognade.

8.2.2.6 Total avkastning

Bild 59. Diagram över skadefrekvensen beroende på avkastning per träd (Lakso et al, 1978).



Lakso et al (1978) undersökte även betydelsen av avkastning per träd för de totala stötskadorna. De fann ett linjärt samband mellan avkastning och stötskador (se bild 59). De ökade skadorna beror troligen på att fler frukter faller på varandra.

9 FÖRSÖK ATT DÄMPA SKADOR VID SKAKNING



Bild 60. Försök att dämpa skador på frukt vid skörd genom skakning. Större grenar har klätts in med skumgummi (Diener & Fridley, 1983).

Enligt kap 8.2.1 uppstår en stor andel av skadorna på frukt redan innan de når uppfångningen. Det är alltså endast möjligt att ta bort en mindre del av skadorna genom förändringar i uppfångningsutrustningen. Mängden skador vid skakningen är i hög grad beroende av trädformen, och den mest logiska vägen att minska skadorna måste vara att förändra odlingssystemet.

En rad olika idéer om hur man skall kunna minska skadorna vid skakning har provats. I följande kapitel försöker jag beskriva de jag har hittat i litteraturen.

9.1 Inskjutna stänger i trädet

Rehkugler och Markwardt (1971) provade att minska skadorna på äpplen vid fall i trädet genom att skjuta in stångstänger med skumplastklädsel. Stångarna var 1,2 m långa och man provade två olika avstånd mellan stångarna. De kom fram till att man kunde minska antalet allvarliga skador, men att antalet småskador ökade.

En vidareutveckling av tekniken ledde till att man provade uppfångning i flera nivåer (se kap 6.2.2) vilket gav minskade skador.

9.2 Dämpande skummaterial på äpplen och grenar

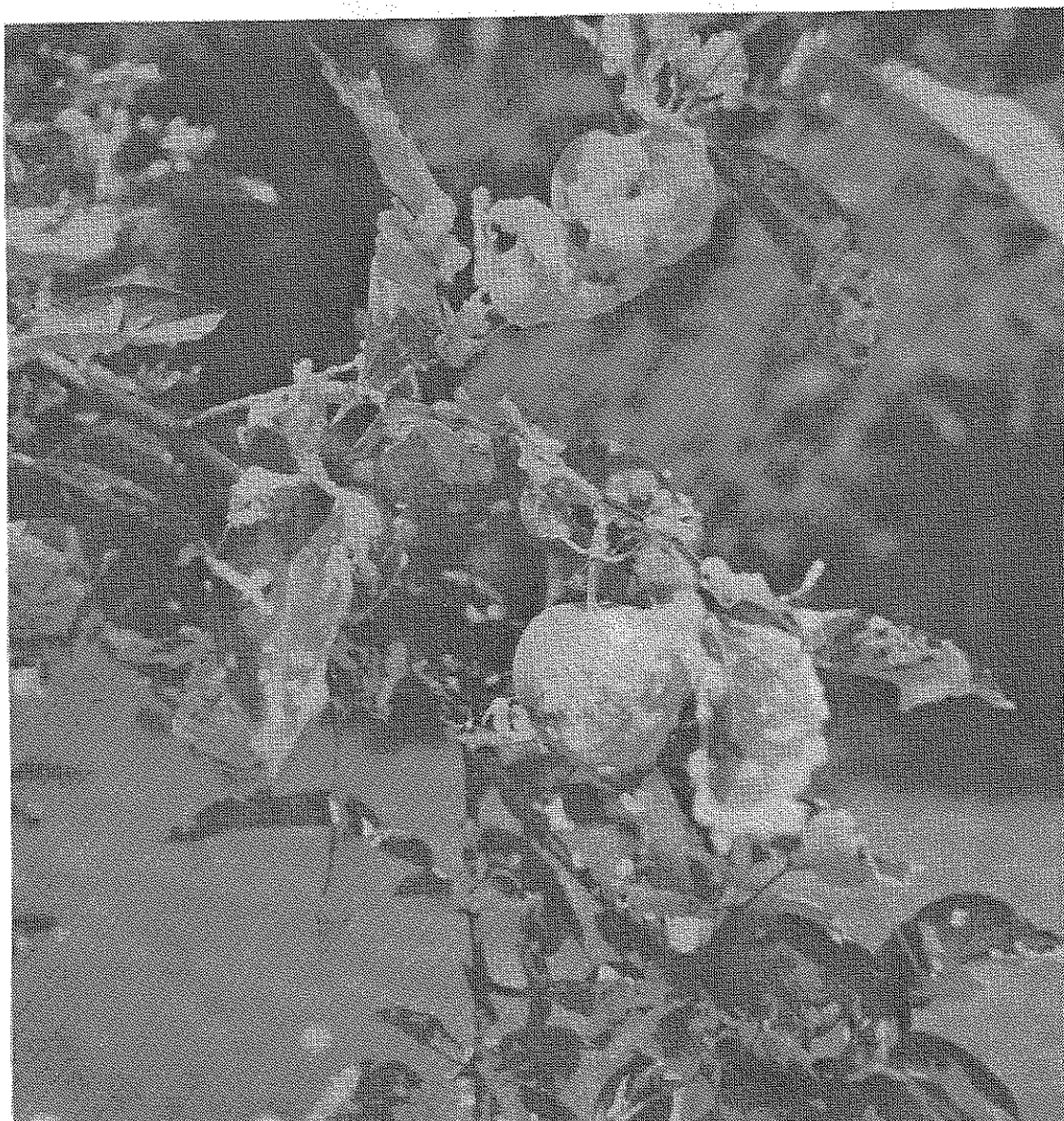


Bild 61. Äpplen täckta med Urea-formaldehyd skum i ett försök att dämpa stöt-skadorna vid skakning (Diener & Fridley, 1983).

Flera forskare har provat att minska skadorna genom att antingen klä in grenar eller frukter med skummaterial, eller båda delar.

Rehkugler och Markwardt (1971) klädde större grenar med 12 mm tjock skumplast (se bild 60). Man noterade minskade skador när frukt föll genom ett träd med inklädda grenar, men minskningen var inte särskilt stor.

Fridley et al (1973) sprutade polyuretanskum på större grenar för att minska stötskadorna. Man drog slutsatsen att skumsprutningen minskade skadorna avsevärt, men det fanns ingen lämplig utrustning för att applicera skum på träd. Trädet visade inga synliga skador av behandlingen.

Metoden att täcka frukterna med skumplast har provats på flera olika ställen. Sarig et al (1975) i Israel sprutade Urea-Formaldehyd skum på frukter och grenar. Man lyckades inte få en jämn täckning av frukterna. Resultaten visade att den täckta delen av frukten var skyddad mot stötskador.

Metoden provades under kommersiella förhållanden i USA. Golden Delicious träd sprutades ca 30 min före skörd (se bild 61). De täckta frukterna hade mindre skador än frukt från kontrollträden, men man hade ingen metod att enkelt ta bort skummet från äpplena (Diener & Fridley, 1983).



Bild 62. Skumplastkuber fästade vid äpplena med hjälp av dextrin. Metoden gav ökade stötskador under kuberna (Diener & Fridley, 1983).

I USA provade Johnson et al (1983) att fästa skumplastkuber med hjälp av dextrin som bindemedel. Lösningen sprutades på äpplen i fält och kuber av expanderad polystyren blåstes in i trädet med hjälp av en fläkt (se bild 62). Efter ca fyra timmar maskinskördades äpplena. Metoden visade sig öka stötskadorna eftersom de gav koncentration av tryck under kuberna.

9.3 Fylla trädet med dämpmaterial

I början av 70-talet dök idén att fylla hela trädet med små plastbollar upp på ett par olika ställen, troligen utan kontakt med varandra. En av de första var Ove Rasmussen i Danmark. Metoden har patenterats i USA redan 1970 av Joe Perrelli. Ett liknande system har beskrivits i två patent av Fritz Bernshausen (Berlage & Langmo, 1974).

Rasmussens maskin grenslade trädraden och när ett träd befann sig under maskinen stängdes detta in med hjälp av dörrar fram och bak i maskinen. Bottnen var fast förutom att två gummiband tätade mot stammen. Överst i maskinen fanns ett magasin med 16 m³ plastkulor. Samtidigt som trädet skakades öppnades bottnen på magasinet så att frukt och kulor blandades under fallet. Kulorna sögs tillbaka till magasinet medan frukten transporterades till lådorna (Anonym, 1973).

I USA provade Fridley et al (1973) en stor cylinder av presenning som inneslöt trädet. Cylindern fylldes med 75 mm plastbollar och trädet skakades med en stamskakare.

Berlage och Langmo (1974) använde även de 75 mm plastkulor. Det tog mer än 14 minuter att fylla trädet och nära 30 minuter att tömma det efter skörd. Maskinen var dock ej byggd på ett lämpligt sätt. En stor del av de Golden Delicious äpplen som skördades med plastkulor hade skador i en cirkel runt frukten. Man drog slutsatsen att äpplet hade roterat runt stjälken medan den klämdes mot en gren av kulorna. Antalet skador på Golden Delicious minskade med ca 10 % medan skadorna i Red Delicious minskade något år med så mycket som 61 %. Slutsatsen man drog var att skadorna endast minskade marginellt.

Nivon et al (1977) i Israel arbetade med en maskin efter samma idé. De byggde en självgående grenslemaskin som var 4 meter hög, 4 meter bred och 4 meter lång. Skakorganet grep om stammen innan golvet tätades runt stammen och dörrar stängdes. Två behållare av nylonnät var placerade ovanför maskinen. Polystyren bollar släpptes ner innan trädet skakades och bollarna sögs tillbaka till behållarna efter skakningen. Bollarna hade en diameter på mellan 3 och 9 mm.

Den stora fördelen var att man lyckades minska skadorna. Fridley et al (1973) rapporterade 29% stötskadade Golden Delicious äpplen mot 75% vid konventionell maskinskörd. Handplockad kontroll gav 9% skador.

Ett av de stora problemen med metoden är att det tar lång tid att innesluta trädet i plastkulor och att transportera bort dem igen. Burgaard (1972) uppgav att Rasmussens maskin i framtiden förväntades kunna skörda ett träd på några få minuter, men i de fall man har mätt kapaciteten har tiden varit mycket längre. I Israel tog det 31 minuter att skörda ett träd med denna metod (Nivon et al, 1977). Berlage & Langmo (1974) rapporterade att det tog fyra gånger så lång tid som handplockning med deras maskin.

Ett annat problem är att man riskerar att få dålig effektivitet eftersom plastkulorna dämpar skakningen. Endast ca 50% av frukterna skördades i Israel. När man provade att transportera bort plastkulorna samtidigt som man skakade, lyckades man skörda 88% jämfört med 95% utan kullor (Nivon et al, 1977). I USA rapporterade Diener & Fridley (1983) att endast 40-50 % av päronen lossnade vid skakning med trädet inneslutet i plastbollar.

9.4 Luftdämpning

Quackenbush et al (1962) provade möjligheten att använda en uppåtriktad luftström för att få frukt att falla mjukt igenom trädet. Man fann att lufthastigheter på nära 33 m/s var nödvändigt för att dämpa fallet. Det fanns inga fläktar på marknaden som kunde skapa sådana lufthastigheter när försöket genomfördes. När de provade en utrustning som gav mindre än halva den önskade lufthastigheten, fick äpplena kraftiga stötskador.

10 DISKUSSION

Den första frågan man måste ställa sig är: Varför ska man "plocka" äpplen med maskin? Den andra frågan är om det är möjligt. Om man med äppelskörd menar att flytta frukt från trädet till en låda så är det helt klart tekniskt möjligt. Men den viktigaste frågan för odlaren måste vara om det är ekonomiskt möjligt.

Svaret på frågan varför man skall skörda maskinellt hänger naturligtvis samman med de ekonomin. Om man frågar en svensk äppelodlare vilka kostnader han har, säger han (hon) oftast att "de skördebundna kostnaderna" är de dominerande. Man förväntar sig då att en skördemaskin skall kunna "plocka" äpplena billigare än handplockningskostnaderna. Dessutom innebär maskinskörd en hel del andra fördelar som mindre upplärningsbehov av personal samt att man kan vara säkrare på att få skördat under en viss tid.

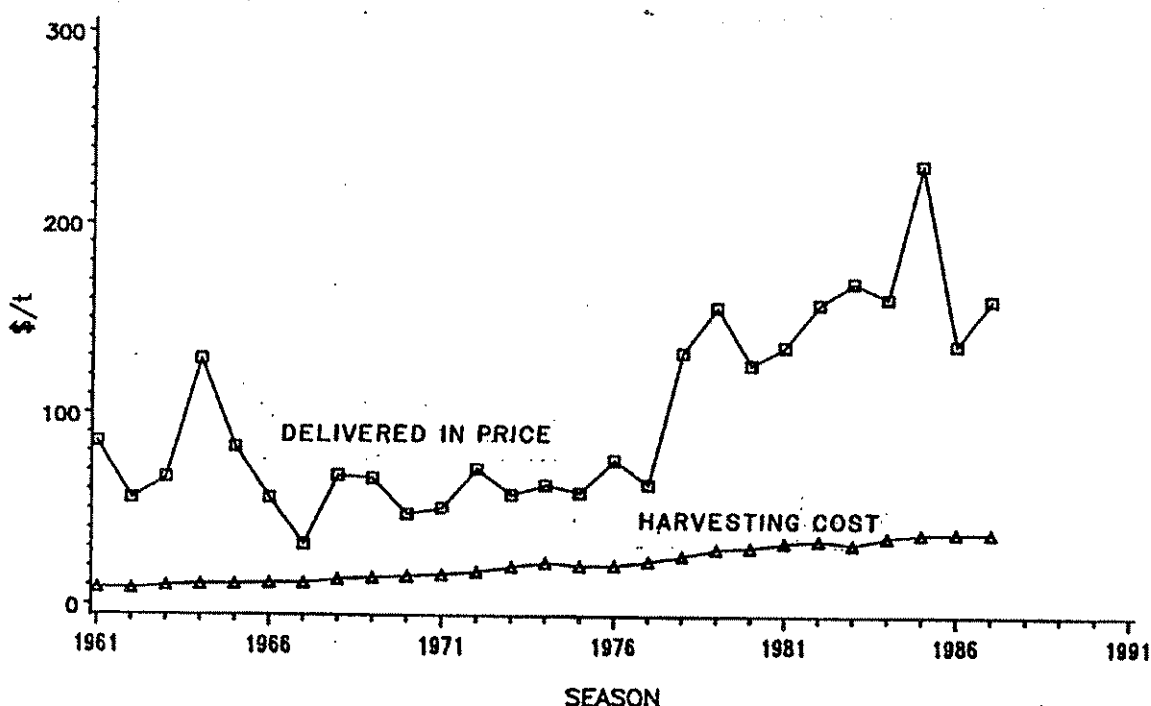


Bild 63. Diagram över utvecklingen av leveranspris och skördekostnad i apelsiner i Florida (Whitney och Harrell, 1988).

Ser man på andra grödor så är det ibland den ökade lönsamheten som motiverar att man övergår till maskinskörd, men oftare är det då tillgången på plockare minskar som intresset för maskinskörd ökar. Man kan säga att intresset för maskinskörd ofta är lågt i grödor med relativt sett höga priser om man kan få tag på plockare. I grödor som är mera utsatta för konkurrens utifrån, och där handplockning är dyr, som t.ex. svarta vinbär, är behovet av maskinskörd mera uppenbart.

Att intresset för maskinell skörd är beroende på skillnaden mellan avsalupris och plockkostnad visade Whitney och Harrell (1988) med ett diagram (bild 63) över utvecklingen av "leveranspris" och skördekostnad i apelsiner för juice i Florida. Från slutet av 60-talet till 1978 hade man låga priser. Under denna period fanns ett stort intresse för maskinskörd i Florida. När priset var lågt innebar stötskador

och andra förluster en ganska liten prislörlust. Efter 1978, då frostskafor på apelsinträa gjorde att priset steg drastiskt, sjönk intresset för maskinskörd. I det läget innebar varje missad frukt en större förlust, och handplockningskostnaden utgjorde en mindre del av de totala kostnaderna.

Om man ser på äppelodling är det svårare att ge ett enkelt svar. För det första är äpplen mycket billiga att handplocka, trots att odlare upplever plockkostnaden som deras största kostnad. I moderna odlingar ligger plockkostnaden ofta mellan 35 och 50 öre/kg (1989) och utgör endast ca 15-20 % av avsaluvärdet. Detta kan jämföras med maskinskörd av svarta vinbär som kostar 1-1,25 kr/kg. Nedanstående diagram jämför äppelplockning med andra skördekostnader.

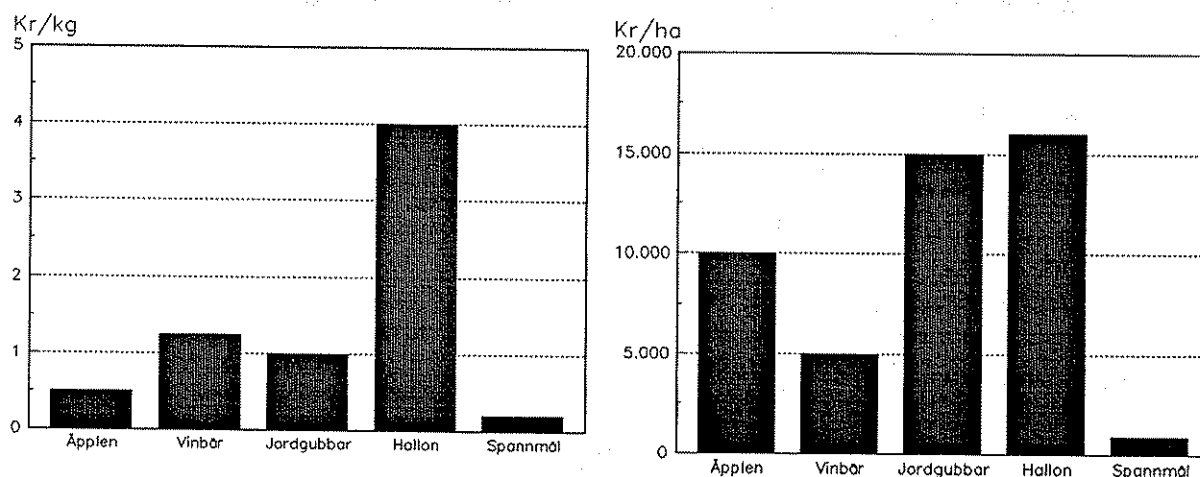


Diagram 1. Jämförelse mellan handplockning av äpplen och maskinskörd av andra grödor både i form av kostnad per kg och per ha. Observera att den första stapeln representerar handplockningskostnader och de övriga maskinskördekostnader.

Det är inte säkert att maskinskörd av äpplen skulle innebära lägre kostnader än handplockning. Eftersom äpplen är mycket stötkänsliga, och värdet sjunker drastiskt vid stötskada, blir en skördemaskin komplicerad och dyr om den skall kunna skörda med små skador. Användningstiden blir relativt kort eftersom äpplen måste plockas under en bestämd tid. Viss teknik som t.ex. robotskörd verkar tekniskt möjlig men är långsam och blir troligen dyrare än handplockning.

11 REFERENSER

- Abu-Gheida, O.M.; Stout, B.A.; Ries, S.K. 1962. Pneumatic tree-fruit harvesting utilizing a pulsating air stream. Part II. *Agricultural Engineering* 43 (8), 458-461, 466-467.
- Adrian, P.A.; Fridley, R.B. 1964. Shaker-clamp design in relation to allowable stresses of tree bark. *Transactions of the ASAE* 7 (3), 232-234, 237.
- Adrian, P.A.; Fridley, R.B. 1965. Dynamics and design criteria of inertia-type tree shakers. *Transactions of the ASAE* 8 (1), 12-14.
- Adrian, P.A. & Fridley, R.B. 1969a. Mechanization and cultural practices of nut production. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 757-763.
- Adrian, P.A. & Fridley, R.B. 1969b. Mechanization and handling of deciduous fruits by the shake-catch method. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 717-729.
- Affeldt, H.A., Jr; Marshall, D.E.; Brown, G.K. 1987. Relative dynamic displacements within a trunk shaker clamp. ASAE paper no. 87-1029.
- Allshouse, G.W.; Morrow, C.T. 1972. Over-the-row harvester for dwarf fruit trees. *Transactions of the ASAE* 15 (6), 1038-1043.
- Alper, Y. 1981. Mechanical harvesting of peaches grown in a meadow orchard. I Proceedings of the international symposium on mechanization of forage, horticultural, industrial and fruit-tree crops harvesting, 259-260.
- Anonym, 1973. Fremtidens frugtplukkere. *Frugtavlaren* 12, 427-428.
- Anonym, 1987. The Lincoln Apple Canopy. Horticultural Structures Notes. New Zealand Agricultural Engineering Institute. Lincoln College, Canterbury, New Zealand.
- Anonym, 1988. The training and management of apples of the Lincoln Canopy - agronomic aspects. New Zealand Agricultural Engineering Institute. Lincoln College, Canterbury, New Zealand.
- Bennedsen, B.S. 1982. Hydrauliske systemer. Undersøgelse af polstringsmaterialer. Jordbrugsteknisk Institut. Den KGL. Veterinaer- og Landbohøjskole.
- Bennedsen, B.S. 1984a. Mechanical harvesting of fruits in Denmark. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel.
- Bennedsen, B.S. 1984b. Muligheder for mekanisk høst af konsumaebler. Meddelelse nr. 46. Jordbrugsteknisk Institut. Den KGL. Veterinaer- og Landbohøjskole.
- Bennedsen, B.S. 1986a. Damage reduction in mechanical apple-harvesting. ASAE paper no. 86-1071.
- Bennedsen, B.S. 1986b. Undersøgelse af metoder til mekanisk æblehøst. Meddelelse nr. 53. Jordbrugsteknisk Institut. Den KGL. Veterinaer- og Landbohøjskole.
- Berlage, A.G. 1969. Mechanical aids for apple harvesting. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological Implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 627-634.
- Berlage, A.G. 1973. Apple harvesting trials with oscillating air jets. *Transactions of the ASAE* 16 (3), 460-461.

- Berlage, A.G. 1981. Pallet container fillers for fresh-market apples. Transactions of the ASAE 24 (1), 68-72.
- Berlage, A.G. & Langmo, R.D. 1974. Trunk shaker harvesting of apples surrounded by plastic spheres. ASAE paper no. 74-1522.
- Berlage, A.G. & Langmo, R.D. 1979. Shake harvesting tests with fresh-market apples. Transactions of the ASAE 22 (4), 733-738, 745.
- Berlage, A.G. & Yost, G.E. 1968. Tree walls for the tree fruit industry. Agricultural Engineering 49 (4), 198-201.
- Berlage, A.G. & Yost, G.E. 1969. A positive-transfer fruit conveyor. Transactions of the ASAE 12 (2), 258-260.
- Bilanski, W.K.; Menzies, D.R. 1984. Bruising related to mechanical harvesting of apples and peaches. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 376-381.
- Brown, G.K.; Burton, C.L.; Schulte, N.L. 1984a. Progress in detecting hidden bark damage. ASAE paper no. 84-1570.
- Brown, G.K.; Rauch, M.H.; Timm, E.J. 1987. Improved clamp pad for trunk shakers. ASAE paper no. 87-1030.
- Brown, G.K.; Frahm, J.R.; Segerlind, L.J.; Cargill, B.F. 1984b. Shaker damage to cherry bark - causes & cures. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 364-371.
- Brown, G.K.; Frahm, J.R.; Ledebuhr, R.L.; Cargill, B.F. 1982. Bark damage when trunk shaking cherry trees. ASAE paper no. 82-1557.
- Brown, G.K.; Frahm, J.R.; Timm, E.J.; Rauch, M.H.; Affeldt, H.A.; Al-Soboh, G. 1988. Trunk shaker improvements that reduce bark damage. Paper no. 88.095. Presenterad vid AgEng konferensen i Paris 1988.
- Brown, G.K. et al. 1983. Status of harvest mechanization of horticultural crops. ASAE publication 3-83.
- Burgaard, E. 1972. Mekanisk plukning af aebler. Frugtavlren 10, 386-387.
- Cain, J.C. 1971. Effect of pruning and tree size on within-tree bruising of mechanically harvested "McIntosh" apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 (1), 91-93.
- Callesen, O. 1984. Experiments with a Danish apple harvester suited for fresh market fruits. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 58-64.
- Cargill, B.F.; Rehkugler, G.E. 1983. Post-Collection operations on the harvester. I Principles & practices for harvesting & handling fruits & nuts, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 377-411.
- Cargill, B.F.; Kirk, D.E. 1983. Mechanical detachment of fruits by direct contact devices. I Principles & practices for harvesting & handling fruits & nuts, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 119-155.
- Chalmers, D.; van den Ende, B.; van Heek, L. 1978. Productivity and mechanization of the Tatura Trellis orchard. HortScience 13 (5), 517-521.
- Chen, P. 1973. Selective harvesting of Valencia oranges with a flexible hook device. Transactions of the ASAE 16 (4), 645-647.

Chen, P.; Mehlschau, J.J.; Ortiz-Canavate, J. 1982. Harvesting Valencia oranges with flexible curved fingers. *Transactions of the ASAE* 25 (3), 534-537.

Chulak, B.I. 1984. [Results of trials with a mechanical harvester for super-intensive orchards]. *Sadovodstvo, vinogradarstvo i vinodelie Moldavii* 1, 43-45. (Ryska. Översatt av Erling Strandberg).

Clark, R.L. 1971. The development of low-impact fruit catching surfaces. *Transactions of the ASAE* 14 (4), 608-611.

Coppock, G.E. 1969. Review of citrus harvest mechanization. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 777-805.

Coppock, G.E. 1974. Development of a limb shaker for harvesting Florida citrus. *Transactions of the ASAE* 17 (2), 262-265.

Coppock, G.E.; Churchill, D.B.; Hedden, S.L. 1985. Shaker stroke affects selective removal of Valencia oranges. *Transactions of the ASAE* 28 (4), 1094-1096.

Coppock, G.E.; Sumner, H.R.; Churchill, D.B.; Hedden, S.L. 1981. Shaker methods for selective removal of oranges. *Transactions of the ASAE* 24 (4), 902-904.

Diener, R.G.; Elliott, K.C.; Nesselroad, P.E.; Ingle, M.; Adams, R.E.; Blizzard, S.H. 1979. Bruise energy of peaches and apples. *Transactions of the ASAE* 22 (2), 287-290.

Diener, R.G.; Fridley, R.B. 1983. Collection by catching. I Principles & practices for harvesting & handling fruits & nuts, 245-303. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.

Diener, R.G.; Mohsenin, N.N.; Jenks, B.L. 1965. Vibration characteristics of trellis-trained apple trees with reference to fruit detachment. *Transactions of the ASAE* 8 (1), 20-24.

Diener, R.G.; Elliott, K.C.; Nesselroad, P.E.; Adams, R.E.; Blizzard, S.H.; Ingle, M.; Singha, S. 1980. The WVU tree fruit harvester. ASAE paper no. 80-1041.

Domigan, I.R.; Diener, R.G.; Elliott, K.C.; Blizzard, S.H.; Nesselroad, P.E.; Singha, S.; Ingle, M. 1985. A fresh fruit harvester for apples trained on the "T" trellis. ASAE paper no. 85-1062.

Domigan, I.R.; Diener, R.G.; Elliott, K.C.; Blizzard, S.H.; Nesselroad, P.E.; Singha, S.; Ingle, M. 1988. A fresh fruit harvester for apples trained on horizontal trellis. *J. agric. Engng. Res.* 41, 239-249.

Dunn, J.S. & Stolp, M. 1974. A five-second "shake" clears tree of fruit. *The Grower* 82, 246-247.

Dunn, J.S. & Stolp, M. 1981. Mechanical harvesting apples and raspberries grown on the Lincoln Canopy System. *Acta Horticulturae* 114, 261-268.

Dunn, J.S. & Stolp, M. 1987. Apples on the Lincoln Canopy - mechanized management. *HortScience* 22 (4), 568-572.

Edan, Y.; Flash, T.; Shmulevich, I.; Sarig, Y.; Peiper, U.M. 1988. Determination of an algorithm defining the motion of a citrus picking robot. Paper no. 88.052. Presented at AgEng konferensen i Paris 1988.

Erez, A. 1976. Meadow orchard for the peach. *Scientia Horticulturae* 5, 43-48.

Frahm, J.R.; Brown, G.K.; Segerlind, L.J. 1983. Mechanical properties of trunk shaker pads. ASAE paper no. 83-1078.

- Fridley, R.B. 1983. Vibration and vibratory mechanisms for the harvest of tree fruits. I Principles & practices for harvesting & handling fruits & nuts, 157-188.
- Fridley, R.B.; Hartmann, H.T.; Mehlschau, J.J.; Chen, P.; Whisler, J. 1971. Olive harvest mechanization in California. California Agricultural Experiment Station, Bulletin 855. University of California.
- Fridley, R.B.; Claypool, L.L.; Mehlschau, J.J. 1973. A new approach to tree fruit collection. ASAE paper no. 73-1522.
- Garman, C.F.; Diener, R.G.; Stafford, J.R. 1972. Effect of shaker type and direction of shake on apple detachment. *J. agric. Engng. Res.* 17, 195-205.
- Goldschmidt-Reischel, E. 1981. Försök med uppfångning vid maskinell skörd av frukt. Rapport 18. Institutionen för trädgårdsvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Gould, I.V.; van Heek, L.A.G. 1982. An impulse shaker for the Tatura Trellis - initial development. *Agricultural Engineering Australia* 11 (2), 4-9.
- Gould, I.V.; Young, G.S.; Godley, G.L. 1986. Mechanised fruit harvesting from the Tatura trellis. ASAE paper no. 86-1070.
- Grand D'Esnon, A. 1984. Robotic harvesting of apples. I International conference on robotics and intelligent machines in agriculture. ASAE publication 4-84, 112-113.
- Grand D'Esnon, A.; Rabatel, G.; Pellenc, R.; Journeau, A.; Aldon, M.J. 1987. Magali: a self-propelled robot to pick apples. ASAE paper no. 87-1037.
- Gyuro, F.; Velich, S.; Geizler, J.; Sipos, B. 1981. The apple curtain system for mechanisation. I *Acta Horticulturae* 114, 255-260.
- Harrell, R.C. 1987. Economic analysis of robotic citrus harvesting in Florida. *Transactions of the ASAE* 30 (2), 298-304.
- Hudson, J.P. 1971. Meadow orchards. *Agriculture* 78, 157-160.
- Hutton, R. et al. 1976. Mechanical harvesting of canning peaches. *Farmers Newsletter* no. 133. MIA. Irrigation research and extension committee, Griffith, N.S.W., Australia.
- Johnson, J.C.; Diener, R.G.; Elliott, K.C.; Nesselroad, P.E.; Singha, S.; Blizzard, S.H.; Adams, R.E.; Ingle, M. 1983. Two experimental bruise reduction methods for mechanically harvested apples. *Transactions of the ASAE* 26 (4), 1037-1040.
- Kepner, R.A.; Bainer, R.; Barger, E.L. 1978. Fruit and vegetable harvesting and handling. I Principles of farm machinery, third edition. AVI Publishing Co. Westport Connecticut, 479-504.
- Khalilian, A.; Chen, P.; Chancellor, W.J. 1979. Analysis and testing of a spring-loaded tree shaker. *Transactions of the ASAE* 22 (4), 756-760.
- Kirk, D.E.; Booster, D.E. 1979. Identifying damage sources in mechanically harvested sweet cherries. *Transactions of the ASAE* 22 (1), 21-26.
- LaBelle, R.L.; Markwardt, E.D.; Guest, R.W. 1965. Improving the processing quality of mechanically harvested apples. *Transactions of the ASAE* 8 (2), 277-280.
- Lakso, A.N.; Millier, W.F.; Pellerin, R.A.; Carpenter, S.G. 1978. Conversion of central leader apple trees for improved mechanical harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103 (2), 284-287.

- Lamouria, L.H.; Hartmann, H.T.; Harris, R.W.; Kaupke, C.R. 1961. Mechanical harvesting of olives, peaches and pears. *Transactions of the ASAE* 4 (1), 12-14, 17.
- Larsen, R.P. 1969. Mechanization of fruit harvest in the eastern United States. *HortScience* 4 (3), 232-234.
- Le Fluffy, M.J. 1982a. Apple harvesting by a combing technique. ASAE paper no. 82-1065.
- Le Fluffy, M.J. 1982b. The design of a prototype apple harvester. *J.agric. Engng Res*, 27, 51-60.
- Lenker, D.H. 1970. Development of an auger picking head for selectively harvesting fresh market oranges. *Transactions of the ASAE* 13 (4), 500-504, 507.
- Levin, J.H.; Bruhn, H.D.; Markwardt, E.D. 1969. Mechanical harvesting and handling of cherries. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 677-685.
- Luckwill, L.C. 1976. An intensive system for mechanised fruit production. *Horticulture Industry*, 343-346, 352.
- Luckwill, L.C.; Child, R.D. 1973. The Meadow orchard - a new concept of apple production based on growth regulators. *Acta Horticulturae* 34, 213-220.
- Markwardt, E.D.; Levin, J.H.; Tennes, B. 1969. Mechanical harvesting and handling for apples. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 635-652.
- Markwardt, E.D.; Longhouse, H.A.; Maynard, J. 1968. Effects of tree structure on damage to apples during mechanical harvesting. *Transactions of the ASAE* 11 (3), 360-363.
- McBirney, S.W. 1966. New developments in fruit harvesting and handling (Pacific Northwest). *Transactions of the ASAE* 9 (2), 213-215.
- McHugh, C.M.; Webb, B.K.; Hood, C.E.; Garrett, T.R. 1981. A compact, single operator tree crop harvester. *Transactions of the ASAE* 24 (1), 26-30.
- McLaughlin, A.L.; Diener, R.G.; Adams, R.E.; Elliott, K.C.; Blizzard, S.H. 1976. Comparison of vertical vs. horizontal limb shaking with regard to apple detachment and bruising. ASAE paper no. 76-1050.
- Millier, W.F.; Pellerin, R.A.; Throop, J.A.; van de Werken, J.; Lakso, A.N.; Carpenter, S.G. 1984. The role of impact shaking in the harvest of apples. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 89-96.
- Millier, W.F.; Rehkugler, G.E.; Pellerin, R.A.; Throop, J.A.; Bradley, R.B. 1973. Tree fruit harvester with insertable multilevel catching system. *Transactions of the ASAE* 16 (5), 844-850.
- Millier, W.F.; van de Werken, J.; Throop, J.A. 1983. A recoil-impact shaker for semi-dwarf apple trees. ASAE paper no. 83-1080.
- Monroe, G.E.; O'Brien, M. 1983. Postharvest functions. I Principles & practices for harvesting & handling fruits & nuts, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 307-375.
- Nivon, M.; Sarig, Y.; Tenne, Y.; Hial, D.; Shnaps, B.; Manor, A.; Emek, M. 1977. Mechanical harvesting of apples in a damping medium. *Transactions of the ASAE* 20 (3), 457-460.

- O'Brien, M. 1969. Automatic fillers for citrus, deciduous fruit and vegetable bins. *Transactions of the ASAE* 12 (6), 733-735.
- O'Brien, M.; Paasch, R.K.; Garrett, R.E. 1980. Fillers for fruit and vegetable damage reduction. *Transactions of the ASAE* 23 (1), 71-73.
- Pacheco, A.; Rehkugler, G.E. 1979. Design and development of a spring activated impact shaker for apple harvesting. ASAE paper no. 79-1055.
- Pellenc, R.; Argenson, M.; Bonicelli, B.; Sevilla, F. 1984. Impulse shaking of tree fruit in France. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 97-102.
- Pellerin, R.A.; Millier, W.F.; Lakso, A.N.; Rehkugler, G.E.; Throop, J.A.; Allport, T.E. 1978. Apple harvesting with an inertial vs. impulse trunk shaker on open-center and central-leader trees - part I. *Transactions of the ASAE* 21 (3), 407-413.
- Pellerin, R.A.; Millier, W.F.; Lakso, A.N.; Rehkugler, G.E.; Throop, J.A. 1979. Apple harvesting with an inertial vs. impulse trunk shaker on open-center and central-leader trees - part II. *Transactions of the ASAE* 22 (5), 983-988.
- Pellerin, R.A.; Millier, W.F.; Throop, J.A.; Lakso, A.N.; Carpenter, S.G. 1981. Apple harvesting with a double impact trunk shaker. ASAE paper no. 81-1061.
- Peterson, D.L. 1982. Continuously moving over-the-row harvester for tree crops. *Transactions of the ASAE* 25 (6), 1478-1483.
- Peterson, D.L.; Kornecki, T.S. 1987. Mechanical apple harvester for T-trellis canopies. *Transactions of the ASAE* 30 (3), 597-600.
- Peterson, D.L.; Miller, S.S. 1988. Advances in mechanical harvesting of fresh market quality apples. Paper no 88.039. Presenterad vid AgEng konferensen i Paris 1988.
- Peterson, D.L.; Monroe, G.E. 1974. Automatic shaker-sequencing operation for tree crops. *Transactions of the ASAE* 17 (4), 623-626.
- Peterson, D.L.; Monroe, G.E. 1977. Continuously moving shake-catch harvester for tree crops. *Transactions of the ASAE* 20 (2), 202-205, 209.
- Peterson, D.L.; Miller, S.S.; Kornecki, T.S. 1985. Over-the-row harvester for apples. *Transactions of the ASAE* 28 (5), 1393-1397.
- Quackenbush, H.E.; Stout, B.A.; Ries, S.K. 1962. Pneumatic tree-fruit harvesting. *Agricultural Engineering* 43 (7), 388-393.
- Rabatel, G. 1988. A vision system for Magali, the fruit picking robot. Paper no. 88.293. Presenterad vid AgEng konferensen i Paris 1988.
- Rehkugler, G.E.; Cummins, J.N.; Markwardt, E.D. 1979. Rupture strength of unions of "Golden Delicious" apple with Malling 8, Malling 9, and vigorous rootstocks. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (2), 226-229.
- Rehkugler, G.E.; Markwardt, E.D. 1971. An evaluation of limb padding to reduce apple damage in mechanical harvesting. *Transactions of the ASAE* 14 (4), 734-737, 741.
- Rehkugler, G.E.; Millier, W.F.; Ryan, K.E. 1968. Vibrating tines for apple harvesting. New England apple harvesting and storage symposium. University of Massachusetts.

- Sarig, Y.; Burstein, Y.; Vofsi, D.; Golomb, A. 1975. Bruise reduction potential for foam-encapsulated fruit as related to mechanical harvesting. ASAE paper no. 75-6506.
- Sarig, Y.; Grosz, F.; Abramovitch, B.; Samruk, Y.; Egozi, H.; Michai, G.; After, S.; Sagi, Y.; Alper, Y. 1986. Mechanized systems for harvesting citrus fruit destined for processing. ASAE paper no. 86-1068.
- Shochat, E.; Manor, G. 1981. Drag forces in granular media for fruit detachment. Transactions of the ASAE 24 (5), 1149-1150.
- Stafford, J.R.; Diener, R.G. 1973. Design criteria for minimizing predetachment fruit damage during mechanical shaking. Transactions of the ASAE 16 (5), 840-843.
- Sumner, H.R. 1973. Selective harvesting of Valencia oranges with a vertical canopy shaker. Transactions of the ASAE 16 (6), 1024-1026.
- Sumner, H.R. 1977. Full-power-positioning limb shaker for harvesting oranges. Transactions of the ASAE 20 (5), 813-816.
- Tennes, B.R.; Brown, G.K. 1981. Design, development and testing of a sway-bar shaker for horticultural crops -- a progress report. ASAE paper no. 81-1059.
- Tennes, B.R.; Burton, C.L.; Brown, G.K. 1978. A bulk handling and storing system for apples. Transactions of the ASAE 21 (6), 1088-1091.
- Timm, E.J.; Brown, G.K. 1985. Minimizing shear force transmission in trunk shaker clamp pads. ASAE paper no. 85-1563.
- Timm, E.J.; Brown, G.K.; Segerlind, L.J.; Van Ee, G.R. 1988. Slip-belt and lubrication systems for trunk shakers. Transactions of the ASAE 31 (1), 40-46, 51.
- Tsonev, N. & Belyakov, V. 1984. Mechanization of harvesting top and soft fruit. FAO/ECE/AGRI/WP.2/R.94/REV.
- Tukey, L.D. 1969. Cultural practices of apples as they relate to harvest mechanization, past, present and future. I Fruit and vegetable harvest mechanization. Technological Implications. ASAE, St. Joseph, Michigan, 653-671.
- van de Werken, J. 1978. De ontwikkeling van een continue appeloogstmachine voor tafelfruit. Rapport 7. IMAG, Wageningen, Nederlanderna.
- van de Werken, J. 1981. Possibilities of harvest mechanization in H.D.P. hedge-row systems. Acta Horticulturae 114, 221-231.
- van Heek, L.; Gould, I. 1977. Mechanical harvesting of Tatura Trellis Golden Queen peaches. Hort Digest 72, 15-18.
- van Heek, L.; Adem, H.H. 1980. Mechanical harvesting of Tatura Trellis fruit trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (5), 695-699.
- Webb, B.K.; Hood, C.E.; Jenkins, W.H.; Veal, C.D. 1973. Development of an over-the-row peach harvester. Transactions of the ASAE 16 (3), 450-455.
- Whitney, J.D. 1978. Performance of three air shaker patterns in citrus. Transactions of the ASAE 21 (3), 435-437, 441.
- Whitney, J.D.; Harrell, R.C. 1988. Status of citrus harvesting in Florida. Paper no. 88.243. Presenterad vid AgEng konferensen i Paris 1988.
- Whitney, J.D.; Wheaton, T.A. 1986. Shakers affect Florida orange fruit yields and harvesting efficiency. ASAE paper no. 86-1558.

- Zocca, A. 1976. Un nuovo tipo di scuotitore con accumulazione di potenza. *Macchine e motori agricoli* 7, 35-39.
- Zocca, A. 1984a. Shake harvesting trials with fresh market apples. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 65-72.
- Zocca, A. 1984b. An air-inflated roll-out catching frame for fruit tree mechanical harvesting. I Fruit, nut, and vegetable harvesting mechanization. ASAE publication 5-84. Bet Dagan, Israel, 103-106.
- Zocca, A.; Fridley, R.B. 1977. Mechanical harvesting of clingstone peaches. *J. agric. Engng. Res.* 22, 247-257.
- Zocca, A.; Regazzi, D. 1984. Fruit harvesting mechanization in Italy. ASAE paper no. 84-1069.

Personliga meddelanden

- Bennedsen, B. 1988. Forskarstuderande vid Jordbrugsteknisk Institut. Den KGL. Veterinaer- og Landbohøjskole i Danmark.
- Brown, G.K. 1988. Försöksledare vid USDA Michigan State University, East Lansing i USA.
- Christensen, M. 1990. Förvaltare vid Edelgave, som är en fruktplantage som tillhör K.V.Saft i Danmark.
- Dunn, J. 1989. Pensionerad forskare vid NZAEI på Nya Zeeland.
- Peterson, D.L. 1988. Gör försök med maskinell skörd av äpplen vid Appalachian Fruit Research Station, Kearneysville, West Virginia i USA.
- van den Ende, B. 1989. Försöksledare vid "Institute for irrigation and salinity research" i Tatura i staten Victoria i Australien.

I DENNA SERIE HAR HITTILLS UTKOMMIT:

NR	ÅR	
104	1986	FALK, CONNY. FARMLINK DATA KOMMUNIKATION - ETT SYSTEM FÖR KOMPATIBILITET MELLAN GÅRDSATOR OCH MÄT/STYRUTRUSTNING. 22 SID + BILAGOR. PRIS: 30:-.
105	1986	SIÖLAND, TOMAS. RULLMOTSTÅND HOS DRAGNA HJUL MED LÅGPROFILDÄCK. 44 SID + BILAGOR. PRIS: 30:-.
106	1986	LANGE, PER. ETT SYSTEM FÖR KLIPPNING OCH UPPSAMLING AV GRÄS PÅ LÅNGGRÄSYTOR - TIDSFÖRBRUKNING, FUNKTION OCH EKONOMI. 44 SID + BILAGOR. PRIS: 75:-.
107	1986	OLSSON, MATS. CENTRIFUGALSPRIDARE OCH LUFTTILLSÄTSSPRIDARE - EN JÄMFÖRELSE MED HYDRAULISKA SPRIDARE VID BANDSPRUTNING. 35 SID + BILAGOR. PRIS: 40:-.
108	1986	DE TORO, ALFREDO. HACKELSELÄNGDENS INFLYTANDE PÅ ENSILAGETS KVALITET OCH ANVÄNDBARHET. LITTERATURÖVERSIKT. 36 SID. PRIS: 40:-.
109	1986	ERIKSSON, BJÖRN. LANTBRUKSMASKINERNAS VÄRDEMINSKNING. 68 SID. PRIS: 40:-.
110	1987	JÖNSSON, HÅKAN. THREE-POINT AND ONE-POINT HITCHES. 110 SID. PRIS: 40:-.
111	1987	NYSTRÖM, PER, KRISTIANSSON, LARS, SVENSSON, SVEN-ERIK. REDSKAPSLYFTKOPPLINGAR FÖR KOMPAKTTRAKTORER, UNDERLAG FÖR STANDARDISERINGSARBETE. 53 SID + BILAGOR. PRIS: 50:-.
112	1987	LEUCHOVIVUS, TORBJÖRN. ETT DATORBASERAT SYSTEM FÖR DATAINSAMLING I FÄLT. 36 SID + BILAGOR. PRIS: 40:-.
113	1987	BERGSTRÖM, TOMMY. KONSTGÖDSELSPRIDNINGENS KVALITETSASPEKT. EN STUDIE AV SAMBANDET MELLAN VARIATIONER I GÖDSELINTENSITET OCH MEDELAVKASTNING VID KVÄVEGÖDSLING AV VETE - METODER OCH MODELLER. 154 SID + BILAGOR. PRIS: 80:-.
114	1987	SVENSSON, JAN. UNDERHÅLLSKOSTNADER FÖR LANTBRUKETS FÄLTMASKINER. 43 SID + 139 BIL.SID. PRIS: 80:-.
115	1987	LAGERFELT, PER. ARBETSMILJÖNS OCH VINDAVDRIFTENS BEROENDE AV UTRUSTNING OCH INSTÄLLNING VID BESPRUTNING. 66 SID + BILAGOR. PRIS: 40:-.
116	1987	ROLF, KAJ. TEKNIK OCH METODER FÖR REKULTIVERING AV PACKNINGSSKADAD MARK I URBAN MILJÖ. 47 SID. PRIS: 50:-.
117	1987	PROCEEDINGS FROM COMPUTERS, ELECTRONICS AND CONTROL ENGINEERING IN AGRICULTURE. 224 SID. PRIS: 80:-.
118	1987	JOHANSSON, ANDERS. LABORATORIE- OCH FÄLTTEST AV MICROMAX ROTATIONSSPRIDARE. 40 SID. PRIS: 40:-.
119	1987	SVENSSON, JAN. SJÄLVCENTRERANDE FRONTMONTERAD TREPUNKTSKOPPLING. 50 SID + BILAGOR. PRIS: 40:-.
120	1988	AXENBOM, ÅKE. AN INTEGRATED SIMULATION MODEL OF GROWTH, HARVESTING AND BARN DRYING. 79 SID + BILAGOR. PRIS: 50:-.